U. D. C. 55 (05)

地質調査所月報

技術研究所 受 34.8.27 付 図書

第 10 巻　第 4 號

書誌記入済

目　　次

報　文

T. Tanai & T. Onoe: A Miocene Flora from the Northern Part of the Jōban Coal Field, Japan ……1 (261)

Y. Yabe: Some Cretaceous Pelecypods from Afghanistan ……27 (287)

森　喜義，古谷重政，井波和夫：地震探査用多現象観測装置の試作 ……37 (297)

柴藤喜平：宮城県細倉鉱山における自然電位分布姿態の研究 ……47 (307)

松田武雄，須田芳朗：重力探査における解析法の比較 ……57 (317)

中村久由，前田憲二郎：青森県大鰐・碇ケ関温泉について ……63 (323)

概　報

茨城県稲敷郡河内村における坑井内速度測定調査報告

資　料

火山学理論の若干の問題について

地殻の発達と花崗岩の性質に関する問題

カード記入済

工業技術院地質調査所

昭和 34 年 4 月

56 : 581.3 : 552.57 (521.16)

A Miocene Flora from the Northern Part of the Jōban Coal Field, Japan*

by

Toshimasa TANAI** & Toru ONOE***

Abstract

In the northwestern part of the Iwaki district of the Jōban coal field, the lignite-bearing deposits are distributed on the uppermost of the Paleogene marine sediments. These lacustrine sediments have many well-preserved plant fossils. In this paper, the writers dealt with the studies of the fossil flora, and also the stratigraphy of the fossil-bearing formation.

The fossil flora comprising 49 species, consists mainly of deciduous broad-leaves trees such as grown in temperate zone, and also includes some conifers. Among broad-leaves trees, the leaves of Betulaceae, Ulmaceae and Aceraceae are plentiful in numbers of their species and specimens, while scarcely Fagaceae. The composition and components of this flora coincide with the characteristics of the so-called "Aniai-type flora" found in Japanese Miocene sediments. These plant-bearing sediments do not belong to the uppermost of the Shiramizu group of Paleogene as once generally considered, but to the lowermost of the Yunagaya group of Neogene.

Such lignite-bearing formations accompanying with the Aniai-type flora are distributed in scattered condition in the Taga and Futaba districts of the Jōban coal field. They occupy rather the basement of the Neogene sediments stratigraphically. Considering the abundance of *Hemitrapa* and the fairly-preservation of plant remains, the fossil flora is considered to have grown near the estuary- or lake-side. Accordingly, these lignite-bearing sediments were probably products in the early stage of the considerable transgression which had begun from early Miocene age.

I. Introduction

In the north of Ishimori-yama of the Jōban coal field, the lacustrine deposits with some lignite seams have a great number of plant fossils, and these deposits are considered to belong to the uppermost of the Shirasaka formation as reported by S. Satō and H. Matsui.[21] In 1950, they made a small collection of fossil plants at that locality, and this was studied preliminarily by the senior writer. The senior writer have been doubtful of its stratigraphical position, judging from the floral composition. The flora indicates distinctly one of the Miocene types, though the Shirasaka formation is considered as Oligocene in age.

To describe the characteristics of the fossil flora and to ascertain the geological age of the formation which includes the plant-bearing member is the purpose of this paper. And also, this study is one of "the studies on the original plant materials of Japanese coal", of which theme had been once done by the writers in the Coal Section of Geological Survey of Japan.

Acknowledgement may here be made to Mr. S. Mita, who rendered many valuable suggestions in the field survey. The writers are greatly

* Studies on the Middle Tertiary Floras in Japan II

** Non-regular staff (assist, Professor, Hokkaido University)

*** Fuel Department

indebted to Messrs. K. Sugai, H. Matsui and S. Satō for many helpful suggestions in the preparation of this manuscript. Thanks are also to Dr. K. Huzioka, Professor of Akita University, who rendered valuable suggestions in the determinations of some materials.

II. Geologic Occurrence

The principal locality, Shichiku of Ono-mura, as shown in Figs. 1 and 2, is situated about 12 km west of Yotsukura city, Fukushima prefecture. The area including the fossil locality is situated in the northern part of the Iwaki district of the Jōban coal field. The general geology in this area has been already reported by many geologists.

The fossil plants are preserved in the tufaceous rocks lying on the uppermost of a series of sandstone and siltstone, which was named the Shiramizu group. The group is subdivided into three formations, the Iwaki, Asagai and Shirasaka formations in ascending order, and is covered unconformably by the Goyasu formation which is the basal part of the Yunagaya group. The Asagai formation includes many marine molluscs and foramini-

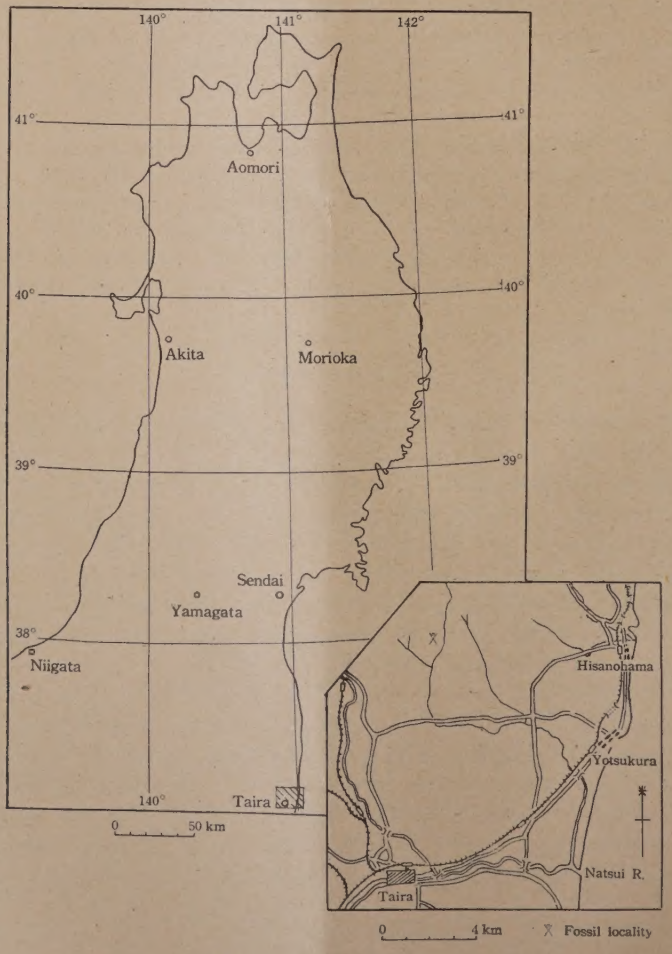
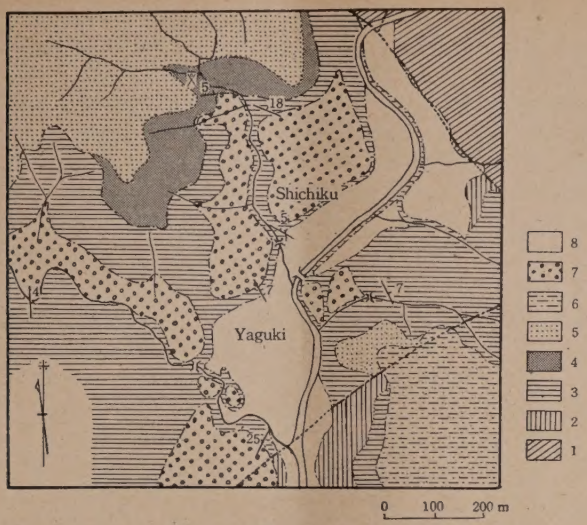


Fig. 1 Location of fossil plants



1. Paleozoic formations 2. Asagai formation 3. Shirasaka formation
4. Taki formation 5. Goyasu formation 6. Numabara formation
(Pleistocene sand deposits) 7. Terrace deposits 8. Alluvium
X Fossil locality

Fig. 2 Geologic map near the fossil locality (originated by S. Satō & H. Matsui, and emended by the writers)

feras, and is late Oligocene in age. The Shirasaka formation overlies conformably the Asagai, and consists mainly of gray shale. The Yunagaya group contains many marine molluscs, and is middle Miocene in age.

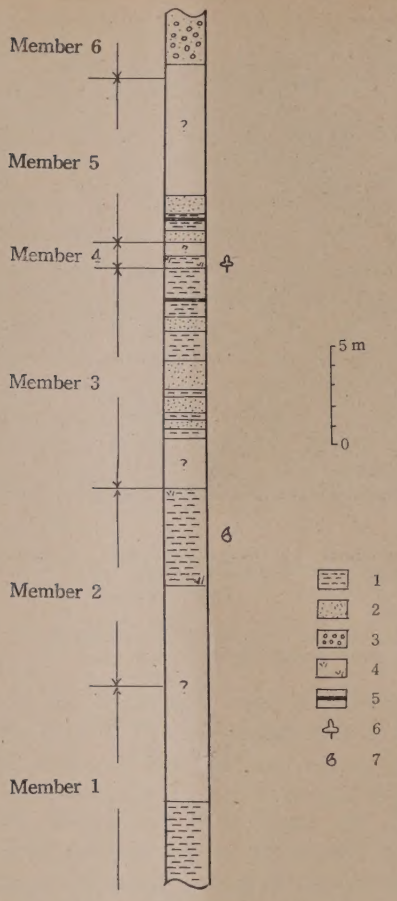
The following description of the stratigraphical succession at the fossil locality is quoted from the paper by S. Satō and H. Matsui[21] :

"The Shirasaka formation in the Shichiku area has the members consisting of greenish gray siltstone, green tufaceous sandstone, lignite seams and plant-bearing platy shale, and these members are situated several meters stratigraphically under the unconformable plane between the Yunagaya and Shiramizu groups. Such lignite-bearing members of the upper part of the Shirasaka formation are not known in other districts of the Jōban coal field, and it is noteworthy that the upper part of the Shirasaka formation has a lacustrine or littoral deposits in this area."

When collecting the fossil plants, the senior writer re-investigated the stratigraphical relation between the fossil-bearing member and other formations. According to his survey, the stratigraphy at the fossil locality is as shown in Table 1 and Fig. 3.

Table 1 Stratigraphic Succession at the Fossil Locality

upper
Member 6. Conglomerate
〃 5. Bluish gray medium- or fine-grained sandstone
〃 4. Dark gray platy shale
〃 3. Alternation of tufaceous sandstone and siltstone (lignite seams intercalated)
〃 2. Gray tufaceous shale
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~ ? ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
〃 1. Gray hard shale
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~



1. siltstone 2. sandstone 3. conglomerate 4. tufaceous
5. lignite 6. plant fossil 7. molluscan fossil

Fig. 3 Geologic section in the fossil locality

In the above-described section, member 1 consists of the typical shale of the Shirasaka formation, and member 6 has been once considered as the basal part of the so-called "Goyasu formation". The tufaceous gray shales of member 2 occur some fragmental marine molluscs such as *Cyclocardia siogamensis* (NOMURA), *Lucinoma kamenooensis* (OTUKA) and *Yoldia* sp., etc., and also frequently fish-scales and fragments of fossil crabs. The rocks from member 2 to member 5 are tufaceous, and had never been observed in the uppermost of the Shirasaka formation or the basal part of the Goyasu formation in the Jōban coal field. In member 3, several thin lignite seams are intercalated, and in the tufaceous shales above, these seams and platy shales of member 4, the well-preserved plant fossils are occurred abundantly.

III. Composition and Modern Relationships of the Flora

There are 49 species known from the locality. They are divided among 26 genera, 19 families and 11 orders. Most of them are dicotyledons, and only four species are gymnosperms. Taking growth form into account, only one is herbaceous, 16 were shrubs, 2 vines and remaining 30 were trees.

The systematic relationships of this flora are shown in Table 2. Among the fossil materials, the leaves and bracts of Betulaceae are most abundant in number of species and specimens, and they occupy about one-third of the total species. The family Betulaceae includes five genera, and is plentiful in the following order — *Carpinus*, *Betula*, *Ostrya*, *Alnus* and *Corylus*. Eight species of *Carpinus* are determined by very abundant fairly-preserved bracts and leaf-impressions. And most of the living species being close to these fossil hornbeams are now found in China and Japan, especially in the former.

Next to Betulaceae, the samaras and leaves of *Acer* are comparatively abundant, and they are over ten species. Besides above-described materials, the specimens of *Metasequoia*, *Hemitrapa* and *Ulmus* are commonly found.

In the writers' consideration of the composition of the Shichiku flora, it may have some significances that certain popular genera are absent, or at least have not yet been found. Considering from their modern or Tertiary distribution in Asia, the writers expected naturally the presences of the coniferous trees such as *Glyptostrobus*, *Taxodium* and *Abies*, or the broad-leaved trees such as *Populus*, *Salix* and *Cercidiphyllum* in the Shichiku flora. This fossil flora consists mostly of elements of the so-called "Aniai-type flora", as shown in Table 2, though the above-mentioned genera are not found. Judging from the floral composition in that time, their absences are difficult to explain, and so the writers may fail to find them in collecting.

Among the 49 plants which can be definitely assigned, there are scarcely found the specimens belonged to Fagaceae, and only the genus of Fagus are found. It is a characteristic of the Aniai-type floras in Japanese Miocene sediments that the genera of the Family Fagaceae are few.

With due allowance made for leaf texture and proximity to the site of deposition, it is apparent that the forest of that time was a mixed assemblage of deciduous broad-leaved trees and conifers. And considering from the abundant occurrence of fairly well-preserved *Hemitrapa*, the site of deposition is supposed to be partly lacustrine or marshy at least.

Among 26 genera of this fossil flora, almost all are found now in the present flora of Japan, and only one genus *Hemitrapa* is extinct. The most equivalent plants to fossil species grow now in Japan and China. Table 3 gives a list of the fossil species with the most similar living species, their habits and distributions of the living species in East Asia.

These living species having the closest relationship to the fossil plants are classified according to habits, which gives a general idea of the representation of trees, shrubs, vines and herbs in the flora. The trees make up 61.2% (30 plants) of the total, the shrubs 32.6% (16 plants), the vines 4.1% (two plants) and herbs 2% (only one plant) respectively. The figure for the latter group has little significance, since herbaceous plants are less likely to be preserved than trees and shrubs which have thicker, more coriaceous leaves. Omitting the consideration of herbs altogether, and combining shrubs and vines, the tree-shrub ratio is 65 to 35.

It is reasonable to consider that the number of shrubs and vines represented in the fossil record is somewhat less than the original number of such plants. On the contrary, the greater size of trees, affecting both the number of leaves borne and greater ease of their dispersal, may make such conclusion that they have a disproportionately large representation in the fossil records. Accordingly, the tree-shrub ratio in the Shichiku flora may

Table 2 Systematic List of the Shichiku Species

Spermatophyta
Gymnospermae
Coniferae
Pinales
Pinaceae
Picea Sugaii sp. nov.
Taxodiaceae
Metasequoia occidentalis (NEWBERRY) CHANEY
M. miocenica sp. nov.
Taxaceae
Cephalotaxus sp.
Angiospermae
Dicotyledoneae
Juglandales
Juglandaceae
Juglans shanwangensis HU et CHANEY
Pterocarya asymetrosa KONNO
Fagales
Betulaceae
Alnus sp.
Betula mioluminifera HU et CHANEY
B. Mitai sp. nov.
Betula sp.
Carpinus miocordata HU et CHANEY
C. miofargesiana sp. nov.
C. protoerosa TANAI
C. ishikiensis sp. nov.
C. miofangiana HU et CHANEY
C. s-Satoi sp. nov.
Carpinus cfr. *mioturczaninowii* HU et CHANEY
Carpinus cfr. *simplicibracteata* HUZIOKA
Ostrya japonica SARGENT var. *oblongibracteata* HUZIOKA
O. subvirginiana sp. nov.
Corylus miochinensis sp. nov.
Fagaceae
Fagus Antipofi (ABICH) HEER
Urticales
Ulmaceae
Ulmus miodavidiana TANAI (MS)
Ulmus cfr. *appendiculata* HEER
Zelkova Ungeri (ETTINGSHAUSEN) KOVATS
Rosales
Saxifragaceae
Hydrangea lanceolimba HU et CHANEY
Rosaceae
Crataegus sp.
Leguminoceae
Wistaria sp.
Sophora miojaponica HU et CHANEY
Sapindales
Aceraceae
Acer ezoanum OISHI et HUZIOKA
A. palaeodiabolicum ENDO
A. palaeoplatanoides ENDO

Acer protojaponicum sp. nov.
A. subpictum SAPORTA
A. prototrifidum TANAI
A. pseudoginnala sp. nov.
A. Matsuii sp. nov.
A. miohenrii Hu et CHANEY
Acer cfr. *kokangenense* ENDO
Hippocastanaceae
Aesculus majus (NATHORST) TANAI
Rhamnales
Rhamnaceae
Berchemia sp.
Malvales
Tiliaceae
Tilia distans NATHORST
Tilia cfr. *subnobilis* (HUZIOKA)
Tilia sp.
Myrtales
Alangiaceae
Marlea aequalifolia (GOEPPERT) OISHI et HUZIOKA
Trapellaceae
Hemitrapa borealis (HEER) MIKI
Apiales
Araliaceae
Aralia celtisfolia sp. nov.
Kalopanax acerifolium (NATHORST) HU et CHANEY
Rubiales
Caprifoliaceae
Viburnum protoparvifolium TANAI

be less than that of the original vegetation in that time.

In order to facilitate considerations on the probable ecologic conditions which those plants lived, the nearest equivalent living species to the fossil plants are grouped according to their habitats, — four types of upland, mixed-slope, stream-side or riparian, and lake or marshy elements. On the basis of the data as showing in Table 4, the upland plants make up 8.2%, plants from mixed-slope to stream-side 26.5%, mixed-slope plants 59.2%, riparian plants 4.1% and marshy plants 2% of the total respectively. In addition, judging from the consideration of the preservation and transportation of the plant remains, the Shichiku flora seems to be most predominant in the elements of mountain-slope, and probably similar to the flora distributed from the mixed-slope to the stream-side.

While, as already described, all of the genera consisting of the Shichiku flora are mostly common in the modern vegetation of East Asia except only one genus *Hemitrapa*, and some of them are confined in East Asia. The distribution of modern equivalents in East Asia is shown in Table 3. East Asia has been divided into 12 districts by T. Nakai[17], on the basis of its phytogeography. For abbreviation, among these districts, North China district includes the Shantung district, and Ogasawara Island district is omitted. These ten districts are shown in Fig. 4, which indicates also the percentage of modern equivalents in each.

As showing in Table 3 and Fig. 4, it is apparent that Shichiku flora is most similar to the flora which is now distributed from central to north-

Table 3 Nearest Equivalents of the Shichiku Species and their Modern Distribution in East Asia

Fossil Species	Equivalent Modern Species	Present Distribution of their Modern Species											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Habits
Cephalotaxus sp.	*Cephalotaxus drupacea* S. et Z.		×										T
Picea Sugarii	*Picea jessoensis* CARR.	×	×		×	×			×				T
Metasequoia occidentalis	*Metasequoia glyptostroboides* HU et CHENG								×				T
Metasequoia miocenica	*Metasequoia glyptostroboides* HU et CHENG								×				T
Juglans shanwangensis	*Juglans sieboldiana* MAXIM.	×	×										T
Pterocarya asymetrosa	*Pterocarya paliurus* BATAL.								×	×	×		S
Alnus sp.	*Alnus multinervis* CALL.	×	×										S
Betula mioluminifera	*Betula luminifera* WINKL.								×				T
Betula Mitai	*Betula luminifera* WINKL.								×				T
Betula sp.	*Betula luminifera* WINKL.								×				T
Carpinus miocordata	*Carpinus cordata* BLUME	×	×					×					S
Carpinus protoerosa	*Carpinus cordata* BLUME	×	×					×					S
Carpinus miofangiana	*Carpinus fangiana* HU								×		×		T
Carpinus miofargesiana	*Carpinus fargesiana* WINKL.							×	×		×		S
Carpinus ishikiensis	?												S
Carpinus s-Satoi	*Carpinus henryana* WINKL.								×				S
Carpinus cfr. *simplicibracteata*	*Carpinus cordata* BLUME	×	×					×					S
Carpinus cfr. *mioturczaninowii*	*Carpinus turczaninowii* HANCE							×	×		×		S
Ostrya subvirginiana	*Ostrya virginiana* (MILL.)											×	S
Ostrya japonica oblongibracteata	*Ostrya japonica* SARG.	×	×						×				S
Corylus miochinensis	*Corylus chinensis* FRANCH.								×		×		S
Fagus Antipofi	*Fagus longipetiolata* SEEMEN								×	×	×		T
Ulmus miodavidiana	*Ulmus davidiana* PLANCH.							×					T
Ulmus cfr. *appendiculata*	*Ulmus davidiana* PLANCH.							×					T

Zelkova Ungeri	*Zelkova serrata* MAKINO			×			×				×	×						T
Hydrangea lanceolimba	*Hydrangea umbellata* REHDER											×						S
Crataegus sp.	*Crataegus cuneata* S. et Z.			×						×	×	×	×					S
Wistaria sp.	*Wistaria floribunda* DC.																	V
Sophora miojaponica	*Sophora japonica* L.			×			×			×								T
Acer prototrifidium	*Acer trifidium* HOOK										×	×						T
Acer palaeoplatanoides	*Acer platanoides* L.															×		T
Acer pseudoginnala	*Acer Ginnala* MAXIM.			×		×	×			×								T
Acer subpictum	*Acer mono* MAXIM.	×		×		×	×			×								T
Acer miohenrii	*Acer henrii* PAX.									×	×	?	?					T
Acer ezoanum	*Acer Miyabei* MAXIM.	×																T
Acer palaeodiabolicum	*Acer diabolicum* BLUME	×																T
Acer protojaponicum	*Acer japonicum* THUNB.	×		×														T
Acer Matsuii	*Acer mono* MAXIM.	×		×		×	×			×								T
Acer cfr. *kokangenense*	?																	T
Aesculus majus	*Aesculus turvinata* BLUME	×		×														T
Berchemia sp.	*Berchemia racemosa* S. et Z.			×						×								V
Tilia distans	*Tilia amurensis* RUPR.					×	×			×								T
Tilia cfr. *subnobilis*	*Tilia nobilis* REHD. et WILS.									×								T
Tilia sp.	*Tilia amurensis* RUPR.					×	×			×								T
Marlea aequalifolia	*Marlea chinensis* (LOUR.)									×	×	×	×					T
Aralia celtisfolia	*Aralia californica* S. WATS.															×		S
Kalopanax acerifolium	*Kalopanax septemblos* KOIDZ.			×			×			×	×	×	×					T
Viburnum protoparvifolium	*Viburnum parvifolium* HAYATA							×										S
Hemitrapa borealis	?																	H

Modern Distribution 1. Saghalien, Kurile Isl., Hokkaidō 2. Japan (Honshū, Shikoku, Kyūshū) 3. Primorskaya Prov., Kamchatka Pen. 4. Manchuria, Ussuri Region 5. Korea 6. Loochoo Isl., Formosa 7. North China 8. Central China 9. Southeast China 10. Southwest China 11. North America and others

Habits T: Tree S: Shrub V: Vine H: Herb

Table 4. Habitat of the Shichiku Species as judged from Similar Living Species

1)	Lake or marshy	
	Hemitrapa borealis	
2)	Stream-side or riparian	
	Pterocarya asymetrosa	
3)	Stream-side to mixed-slope	*Crataegus* sp.
	Juglans shanwangensis	*Acer prototrifidium*
	Alnus sp.	*A. miohenrii*
	Carpinus miocordata	*Berchemia* sp.
	C. protoerosa	*Kalopanax acerifolium*
	Carpinus cfr. *simplicibracteata*	*Wistaria* sp.
	Ostrya subvirginiana	
	Zelkova Ungeri	
4)	Mixed-slope	
	Cephalotaxus sp.	*Fagus Antipofi*
	Picea sp.	*Hydrangea lanceolimba*
	Betula mioluminifera	*Acer palaeodiabolicum*
	B. Miltai	*A. protojaponicum*
	Betula sp.	*A. palaeoplatanoides*
	Carpinus miofangiana	*A. ezoanum*
	C. miofargesiana	*A. pseudoginnala*
	C. s-Satoi	*A. subpictum*
	C. ishikiensis	*A. Matsuii*
	Carpinus cfr. *mioturczaninowii*	*Acer* cfr. *kokangenense*
	Ostrya japonica var. *oblongibracteata*	*Aesculus majus*
		Aralia celtisfolia
	Corylus miochinensis	*Tilia distans*
	Ulmus miodavidiana	*Tilia* sp.
	Ulmus cfr. *appendiculata*	*Marlea aequalifolia*
5)	Uplands	
	Metasequoia occidentalis	*Tilia* cfr. *subnobilis*
	M. miocenica	*Viburnum protoparvifolium*

ern China. And also the fossil flora has some relationships with the living flora distributed from Honshū to Hokkaidō, Japan. The climatic conditions in these districts are temperate or cool-temperate, and precipitation is moderate: in summer, it is somewhat wet and in winter, slightly dry. In these districts, it is snowy in winter at present. In Szechwan province of China, where *Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng is living now, some of moisture may have been in the form of freezing, but it is not snowy.

Thus, such facts may indicate that although frosts or snows were present in that time, when the Shichiku flora distributed in that time, they probably were not heavy or long in duration. And temperature were generally mild, with moderate ranges in summer.

IV. Correlation and Geologic Age

The stratigraphic distribution of most species in the Shichiku flora is confined in the Japanese Miocene sediments, especially the lower half of Miocene. Only five species, *Metasequoia occidentalis*, *Carpinus miocordata*,

① Southern Saghalien, Southern Kurile Isl., Hokkaidō ② Japan (Honshū, Shikoku, Kyūshū) ③ Primorskaya Prov., Northern Saghalien, Kamchatka Pen., etc. ④ Manchuria, Ussuri Region ⑤ Korea ⑥ Loochoo Isl., Formosa ⑦ North China ⑧ Central China ⑨ Southeast China ⑩ Southwest China

Fig 4. Phytogeographic districts of East Asia and the percentages of modern equivalents found in them

Zelkova Ungeri, *Sophora miojaponica* and *Tilia distans*, are distributed to the Pliocene.

As already mentioned, the Shichiku flora is closely identical to the so-called "Aniai-type flora" in the floral composition and their components. The Aniai-type flora in Japan, as the senior writer discussed already, comprises mainly the deciduous broad-leaved trees such as grown in the temperate region, and also includes some conifers. Among these broad-leaved trees, the plants of Betulaceae, Ulmaceae, Fagaceae and Aceraceae are plentiful in number of species and specimens. These Aniai-type floras yield mostly from the Miocene coal-bearing formations in Japan, especially are known in the Miocene coal fields of Northeast Japan.*

The floras having such composition as the Aniai-type, are also found from the upper Miocene sediments in Japan. Their floras are predominant in the deciduous broad-leaved trees such as Betulaceae, Ulmaceae, Fagaceae and Aceraceae, and also contains conifers such as *Metasequoia*, *Glyptostrobus*, *Picea* and *Abies*. However, most species of broad-leaved trees are more modernized than those of the Aniai-type, and their fossil species are very closely similar to each living species distributed now in Japan. Furthermore, such genus as *Liquidambar*, *Sassafras*, *Quercus*, *Magnolia* and *Catalpa*, are commonly found in the upper Miocene floras, though they are not included in the Aniai-type flora. Accordingly, these both two floras are distinguishable each other in their floral components.

* The distribution of the Aniai-type flora in Japan is already reported by the senior writer.

In the middle Miocene sediments, the so-called "Daishima-type flora" are found in many localities of Japan. The most floras of this type occur from the lacustrine or littoral sediments, which are close middle Miocene marine formations in the stratigraphic succession. These marine sediments contain frequently such molluscs lived in warm current as *Vicarya*, *Vicaryella*, *Batillaria*, *Chicoreus*, *Telescopium*, etc. As already reported by the senior writer, the Daishima-type flora is characterized by the abundance of the ever-green-leaved trees, among which broad-leaved trees, the Fagaceae, Lauraceae and Sapindaceae are abundant in number of species and specimens. The present equivalents of the Daishima-type species are living mostly in the subtropical or warmer region in East Asia.

Accordingly, the Shichiku flora is apparently distinct from the above-mentioned two floras — the upper Miocene and the Daishima-type floras in their floral compositions and components. The Aniai-type flora is considered to be the lower half of middle Miocene in age. Furthermore, the tufaceous hard shales (member 2 in Table 1) lying conformably under the plant-bearing rocks, contain some molluscan fossils as already mentioned, and their fossils are confined in the Miocene marine sediments in Japan. Thus, the formation from member 2 to member 5, which includes the Shichiku flora, is correlated to the most coal-bearing formations contained the Aniai-type flora, and is early or middle Miocene in age.

V. Strrtigraphic Significance of this Plant-bearing Formation in the Jōban Coal Field

As already mentioned, the fossil-plant bearing formation was once considered as a lacustrine or littoral deposit in the uppermost of the Shirasaka formation. This fossil flora, however, consists entirely of Japanese Miocene plants, and it is apparently one of the so-called "Aniai-type flora". The tufaceous shales (member 2) under the plant-bearing rocks contain also some Miocene marine molluscs. The hard shales of member 1 are identical to those of the Shirasaka formation, which is Paleogene in age. Accordingly, the writers consider that the boundary between the Neogene and Paleogene in this district is bordered between member 1 and 2. The rocks from member 2~5 are very tufaceous, and conglomerate of member 6 is the basal conglomerate of the Goyasu formation, which was once considered to be the basal part of the Neogene in the Jōban coal field.

In the northern part of the field, the Futaba district, the lower half of the Goyasu formation consists of tufaceous rocks, intercalating several lignite seams, rhyolitic tuff and lava layers. Near Hisanohama-machi in the Futaba district, these lignite seams have been once worked. From the shales above the lignite seams, plant fossils such as *Metasequoia occidentalis*, *Carpinus miocordata*, *Ulmus* sp. and *Acer subpictum*, were once collected by the senior writer.

In the Kadono and Kuroda areas of the south Iwaki district, tufaceous rocks with some coal seams are distributed in scattered condition on the basement complex, and these coals are worked now. As already reported by the senior writer and others, these rocks occur many Miocene molluscan and vegetable fossils, and were dealt as the lower half member of the Goyasu formation.

In the southern part of the Taga district, the lowermost of the

Yunagaya group, which is named as the Kunugidaira formation by M. Eguchi and R. Shoji[3], is composed of tufaceous sandstone, siltstone, rhyolitic tuff, lignite, etc., and also contains some molluscs such as *Vicarya* and *Ostrea*. Concerning the distribution and horizon of the Kunugidaira formation, S. Hanzawa[9] described that this lignite-bearing formation is distributed under the Goyasu formation in several areas of the Jōban field, and excluded from the so-called Goyasu formation.

Lately, H. Matsui and S. Satō described on this formation that as the above-described tufaceous member with lignite seams has a comparatively wide distribution in the Jōban coal field, the member was named as the Taki coal-bearing formation, and it is equivalent to the basal part of the Yunagaya group, which is Neogene in age.

The Taki formation distributed in each district of the Jōban coal field, occurs such littoral or brackish molluscs as *Vicaryella*, *Cerithidea*, *Ostrea*, *Corbicula*, *Mitylus*, etc., and also occurs plant remains in the shales above some lignite seams or coaly shales. The Yunagaya group being upper from this formation, is entirely marine sediments, and contains plentiful marine molluscs. In the early time of Neogene deposition, fluctuating movement was responsible for the shallow-sea sediments of the Taki formation as indicated by fossil fauna and rock facies. And due to progressive transgression, the entirely marine sediments such as the Mizunoya, Kamenoo and Honya formations, were formed in this field. Such transgression of the basin are

1. Pre-Cretaceous rocks 2. Cretaceous 3. Taki formation 4. Goyasu formation 5. Tertiary sediments (except the Taki and Goyasu formations) and Quaternary sediments

Fig. 5 Distribution of the Taki and Goyasu formations in the Jōban coal field

indicated by the abundance of marine fossils and argillaceous facies. Accordingly, The Taki formation was the shallow-water sediments in the early stage of considerable transgression which had begun from early Miocene age and then extended widely over this field.

As shown in Fig. 5, the development of the Taki formation is known mainly in the marginal areas of this coal field, and under the plain area of the north Iwaki district, its distribution was ascertained partly by the boreholes. The Taki formation does not develop partially at all between the Goyasu and Shirasaka formations in the Jōban coal field. Considering from such distribution of the Taki formation, the depositional basin seems to have a relief at least during the early deposition of the lower Yunagaya group. Although the Shichiku flora seems likely to be grown from the mixed-slope to the flood-plain, due to the abundance of *Hemitrapa* and fairly-preservation of plant remains, it is rather supposed that the accumulation occurred within the near-shore area. It may be unreasonable to consider that the mixed-slope plants, occupied about 60% of the Shichiku species, were carried by stream in a long distance and accumulated on the bottom of the sea or lake. It is rather reasonable to consider that the climate was so cooly temperate as the Shichiku flora grew on the lowland or flood-plain areas in that time.

Therefore, the topographic condition during that time when the Taki formation was deposited, was like that of a lowland which was nearly sea-level in altitude, and the land area might be transgressed widely by the sea if the land caused slightly to sink. The Taki formation has several thick coal seams in the marginal areas of this field. For instance, in the Kadono and Kuroda areas, the coal seams are thick and worked now, though the formation are thin in thickness than that of other areas. These thick coal seams were probably formed in the area as the extended inlet.

VI. Conclusion

Though the Shichiku flora was once considered to be of Paleogene time, it is apparently one of the Miocene floras in its composition and components. This flora consists mainly of many broad-leaved trees and some conifers, which were grown in temperate region, and is one of the so-called "Aniai-type flora" in Japan. The plant-bearing sediments, lately named as the Taki formation, is not the uppermost of the Shiramizu group of Paleogene, but the lowermost of the Yunagaya group of Neogene. All the evidences indicate the conclusion that the Shichiku flora is between early and middle Miocene in age.

The Kamenoo and Honya formations, which are the middle part of the Yunagaya group, occur some plant fossils being grown in warmer or subtropical regions, and these floras are one of the so-called "Daishima-type flora". The Aniai-type flora is generally considered to be lower in the stratigraphic horizon than the Daishima-type in Miocene floral succession of Japan. Therefore, the stratigraphic relationship between the both floras is similar in the Neogene of the Jōban coal field.

The Taki formation is distributed not only in this area, but found in many areas of the Jōban field. These coal-bearing sediments were products in the early stage of the considerable transgression which had begun from early Miocene age, as same as in other provinces of Japan.

(Submitted in Jan. 30, 1958)

Description of Some Noteworthy Species

Metasequoia miocenica Tanai et Onoe sp. nov.

(Plate I, figs. 3, 4)

1952. *Metasequoia japonica*, Tanai (in part); Jap. Jour. Geol. Geogr., Vol. 22, pl. IV, fig. 3

Description: Foliage shoots bearing acicular leaves and staminate cones are obtained, though fragmental.

Shoot slender, nearly straight or slightly curving, up to 2.5 cm long, bearing at 12 or more leaves which are arranged with regular spaces. Leaves linear, 5~7 mm long and .1 mm wide, decussately attached but always rotated into distichous position. Their leaves gradually narrowed to the base and having a short petiole at base, bluntly rounded at apex with a mucronate tip.

Staminated cones borne on laterally in axils of decussate leaves. Cones globular to ovoid, 0.4~1.2 mm in diameter, scales very small decussately arranged.

Remarks: These foliaged shoots bearing staminate cones of *Metasequoia* are found in Japan at first. These foliaged shoots apparently belong to the genus *Metasequoia* by its decussate arrangement of leaves. The senior writer collected this fossil material at first from the Miocene coal-bearing formation in the Nishitagawa coal field, Japan. However, owing to only one occurrence, he assigned to *M. japonica* (Endo) Miki. In this time, the writers found such staminated-cones-bearing shoots again from the Shichiku flora.

Foliaged shoots bearing staminate cones of *Metasequoia* had been reported from Elko, Nevada in North America by R. W. Chaney[1], and staminated cones non-bearing leaves were also reported from many localities of North America by him. American specimens, which are assigned to *Metasequoia occidentalis* (Newberry) Chaney, are large both in cones and leaves than Japanese specimens. And also the former are different from the latter in the other characters.

Collection: GSJ. Holotype Nos. 4001, 4002 (Nishitagawa's specimens); Paratype No. 4003

Cephalotaxus sp.

(Plate I, fig. 1)

Description: Twigs fragmental, missing at a half portion. Leaves linear and slightly falcate, 1.7~2.0 cm long, the largest nearly 3 mm wide, acute at their tips and with round bases, attached spirally on the twigs with closely spaced arrangement, and having scarcely the petioles, medial groove well developed; texture thick.

Remarks: This specimen is so fragmental that the writers assigned to the genus *Cephalotaxus* with some hesitation. Among the conifers having such leaves, this fossil specimen is most close to *Cephalotaxus*. In East Asia, the fossil leaves of *Cephalotaxus* have scarcely occurred.

Among the living *Cephalotaxus*, the present material is close to *C. drupacea* S. et Z., which is distributed in Japan proper. But the leaves of the latter are larger in dimension than those of the former.

Collection: GSJ. No. 4057

Picea Sugaii TANAI et ONOE sp. nov.

(Plate I, figs. 5~7)

1952. *Picea* sp., TANAI; Jap. Jour. Geol. Geogr., Vol. 22, pl. IV, fig. 4

Description: Fruits small in size, 0.8~1.0 cm long and 0.3 cm wide: wing elliptically lanceolate with a cuneate base; seeds with pointed tip. Nervation indistinct, radial from the seed, and trending along the major axis.

Remarks: This genus is represented by some fruits and by fragments of twigs.

The occurrence of this genus has been scarcely known in the Miocene deposits in Japan. S. Miki[14] described many cones or shoot fragments of *Picea* from the Pliocene and Pleistocene deposits of Japan. The senior writer finds many fruits of *Picea* from the Miocene coal-bearing formations in Japan.

These fruits are identical with those of *P. jessoensis* CARR., which is widely distributed in cool or cold regions of East Asia. Among the fossil fruits, the present materials are somewhat close to *P. lahontense* MACG. and *Picea* sp. from the Miocene deposits of North America, but they are different from the latters in their shape of wing.

This species is named in honour of Mr. K. Sugai, who is the chief geologist of Coal Section of Geological Survey of Japan.

Collection: GSJ. Holotype No. 4055 (Nishitagawa's specimen); Paratype No. 4058

Alnus sp.

(Plate I, fig. 9)

Description: Leaves incomplete, basal and upper parts missing; leaves ovate-oblong or oblong-lanceolate in shape; 8.5 cm (estimated) long and 3.4 cm wide, apex and base unknown; midrib relatively stout, almost straight; secondary nerves 16~18 pairs (estimated), opposite or subopposite, diverging at angles of 40~50°, nearly straight, all craspedodrome and ending in the teeth; margin duplicately serrate, the teeth somewhat obtuse; tertiary nerves irregularly percurrent; texture firm.

Remarks: As these leaves are fragmental in the collection, the writers cannot designate the specific name.

Among the living alder in East Asia, this fossil leaf resembles *Alnus firma* S. et Z. and *A. multinervis* CALL. in shape, especially resembles the latter. These living alders are distributed in Japan and Korea.

Collection: GSJ. Holotype No. 4007

Betula Mitai TANAI et ONOE sp. nov.

(Plate II, figs. 1~3)

Description: Leaves medium to small in size, elliptically ovate, 4.5~6.5 cm long and 1.8~4.0 cm wide; base almost asymmetrical, truncate or very broadly rounded, apex abruptly acuminate; midrib relatively stout, slightly curved; 8~10 pairs of secondaries alternate or subalternate, the basal pairs short, spreading nearly at right angles to the midrib, other secondaries

diverging at angles of 30~40°, slightly arched up near the margin, lower and middle ones with one or two branches, all craspedodrome and ending in the teeth; margin entire at the base, thence coarsely compound-serrate, the teeth somewhat obtuse, and the teeth which the secondaries end are larger than the other; tertiary nerves irregularly percurrent, nervilles numerous and forming a irregularly quadranglar network; petiole fragile, 3~8 mm long, texture firm.

Remarks: These materials are plentiful in the writers' collection, but the complete leaves are scarcely obtained.

The present specimens closely resemble *B. mioluminifera* Hu et Chaney from the Shatung Miocene flora of North China, but the latter has a more ovate shape and a symetrical base, and the latter's teeth are almost equal in size. This new species are also to *B. fairii* Knowlton which is one of the common species of Miocene birch in North America. This fossil materials are comparable to *B. prisca* Ettings. and *B. Brongniartii* Ettings., which are wide-spread species in the so-called "Arctic Miocene floras".

Among the living birches in East Asia, these fossil specimens are close to *B. luminifera* Winkler and *B. sollenis* Koidzumi, and especially close to the former. The fossil leaves are somewhat close to *B. lenta* L. which is living in the eastern part of North America, though differing in the number of lateral veins.

The species is named in honour of Mr. M. Mita, who rendered many geological suggestions to the writers about the fossil locality.

Collection: GSJ. Holotype No. 4008; Paratype, Nos. 4009, 4010

Betula sp.

(Plate II, figs. 5, 6)

Description: Bractlet trilobate, very small in size, 4 mm long and 6 mm wide; each lobe unequal in size and shape, and middle lobe smaller than the lateral lobes; base broadly cuneate.

Remarks: The present materials are somewhat compressed, but surely characteristic bractlet of the genus *Betula*. These bractlets are rather comparatively common in the writers' collections.

These fossil bractlets are closely similar to those of the living *B. lenta* L. of North America in their shape and dimension. Accordingly, these fossil specimens may be the bractlets of the above-described new species.

Among the fossil bractlets of birch, there are no comparable specimens to these materials. S. Endo[5] described a bractlet of *B. Maximowicziana* Regel from the Pleistocene flora of Shiobara, Japan, but it differs in its shape.

Collection: GSJ. Holotype No. 4012

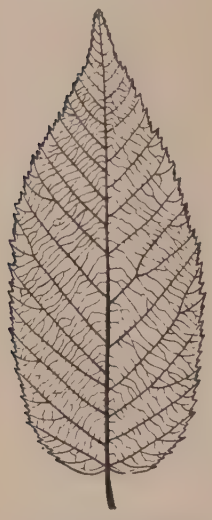
Carpinus miofangiana Hu et Chaney

(Plate III, figs. 1, 2)

1940. *Carpinus miofangiana*, Hu et Chaney: Carnegie Inst. Wash. Pub. No. 507, pl. 10, figs. 2, 3

Remarks: The leaf impressions of this species are comparatively plentiful in this flora. This fossil leaves are elongate-ovate in shape, and

unequally shallow-cordate at the base. The present specimens have 18～21 pairs of secondary nerves, though the secondaries are 15 pairs in the original description. The specimens are more or less fragmental and the plesiotype (No. 4015) is shown by the restoration in Text-fig. 1.



Text-fig. 1 Restoration of *Carpinus miofangiana* HU et CHANEY (Plesiotype No. 4015) ×3/5

Most of fossil leaves named as *Carpinus grandis* UNGER and *C. pyramidalis* (GOEPPERT) HEER from the Miocene deposits in Japan, probably belong to *C. miofangiana*.

In the collections, a involucre of hornbeam which is closely similar to that of living *C. fangiana*, was found, though its specimen is broken in the upper portion.

These fossil leaves are closely similar to that of *Carpinus fangiana* HU, which is of limited distribution in Southwest and West China.

Collection: GSJ. Plesiotype Nos. 4014, 4015

Carpinus miofargesiana TANAI et ONOE sp. nov.

(Plate V, figs. 4～6, 9～11)

Description: Involucres obliquely ovate, asymetrically rounded at the base, acuminated at the apex, 1.8～2.8 cm long and 0.9～1.3 cm wide; palmately three-nerved, craspedodrome, and some weak intermediate nerves diverge from the base; a few secondaries diverge from the primary nerves and occasionally enter into smaller teeth; smaller nerves at nearly right angles from the main nerves, forming a transverse network; margin lobately serrate on the large side and entire on the smaller side; stipe stout, thick, curved, 3 mm long. Nutlet poorly preserved, ovate, 3 mm long and 2 mm in diameter.

Remarks: These specimens are very plentiful in this flora. The nerves and the fine areolation of the present materials are closely similar to *Carpinus fargesiana* WINKLER, which is living in central and southern China. In the writers' collection, the fragmental leaves close to the latter species are found. Accordingly, the fossil species is probably a progenitor of the living *C. fargesiana*. There is no known fossil species to which it corresponds closely.

Collection: GSJ. Holotype No. 4014; Paratype Nos. 4015, 4016

Carpinus s-Satoi TANAI et ONOE sp. nov.

(Plate V, figs. 1, 2, 13, 14)

Description: Involucres asymetrically ovate, broadly rounded or slightly cordate at the base and bluntly pointed at the apex; 2.3～2.9 cm long and 1.3～1.5 cm wide; stipe stout, thick, 4 mm long; palmately veined with 1 or 2 primary veins on small side, and 2 or 3 on large side of the midrib, all spreading, craspedodrome, rarely a primaries of small side camptodrome; secondaries branch from the primaries, generally ending in the smaller teeth; margin coarsely serrate, the teeth thick, obtusely pointed. Nutlet poorly preserved, ovate, 5 mm long and 3 mm in diameter.

Remarks: The present materials are somewhat similar in the nerva-

tion and shape to *Carpinus fargesiana* WINKLER, *C. turczaninowii* HANCE and *C. henryana* WINKLER which are living now in central or southern China. The last species is most similar in nervation to this new species, but distinctly different in their shapes.

Among the bracts of fossil *Carpinus*, these fossil materials are most similar to *C. mioturczaninowii* HU et CHANEY.

The species is named in honour of Mr. S. Sato, who gave to the writers many fossil materials and geological suggestions about the fossil locality.

Collection: GSJ. Holotype No. 4017; Paratype Nos. 4018, 4019

Carpinus ishikiensis TANAI et ONOE sp. nov.

(Plate V, figs. 3, 15)

Description: Involucres obliquely ovate, 1.8 cm long and 1.2 cm wide; the base cordate on one side, obliquely cuneate on the other, the apex acute; palmately veined, with two primary nerves on one side, and 5 on the other side of the midrib, all spreading, craspedodrome; secondaries branch from the primaries entering into the smaller teeth; margin irregularly serrate, the teeth triangular and acute; stipe stout, 2 mm long.

Nutlet ovate, with an acute tip, poorly preserved, 2.5 mm long and 1.5 mm in diameter.

Remarks: The shapes and nerves of these fossil involucres are closely similar to those of *Carpinus megabracteata* HU et CHANEY. The former is smaller in size than the latter, and the margin of the latter is distinct double-serrate. None of the living species of the hornbeam in East Asia have fruits comparable to these specimens.

Collection: GSJ. Holotype Nos. 4020, 4021

Ostrya subvirginiana TANAI et ONOE sp. nov.

(Plate III, fig. 4; Plate IV, figs. 3, 4)

Description: Involucre elliptically oval, 13 mm long and 6.5~7.5 mm wide at the middle part; apex roundly obtuse, base obtusely round; main nerves parallel, 6~7 in number on the impression, and intermediate slender nerves parallel to main nerves; fine nerves perpendicular to the main and intermediate nerves; nutlets oblong-ovate with pointed apex, 4 mm long and 1.5~2.0 mm wide.

Leaves incomplete, ovate-oblong, rounded or slightly cordate often inequilateral at the base, upper portion lacking, 8.5 cm long (estimated and 4.5 cm wide; midnerve strong, somewhat curved; lateral veins subopposite or alternate, 14~16 pairs (estimated), slightly curved upwards, and entering into main teeth; tertiaries irregularly percurrent; margin double-serrate; petiole stout, 5 mm long.

Remarks: The present bladdery fruits are so characteristic of the genus that there can be no doubt of the presence of *Ostrya* in this flora. These involucral sacs are most closely similar to those of *Ostrya virginiana* (MILL.), which is living in southeastern North America. The present material somewhat resembles *O. japonica* SARGENT, but distinctly different from the latter in their rounded apex. There are scarcely occurred the fossil involcres of *Ostrya* in East Asia, and among them there are no fruits which

resemble these specimens.

The fossil leaves are fragmental, but the features of their lower part are very close to those of *O. virginiana*.

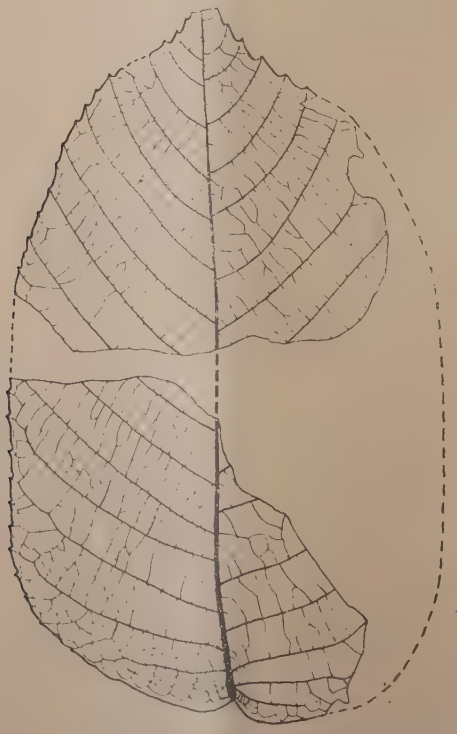
Collection: GSJ. Holotype Nos. 4025, 4026, 4027

Corylus miochinensis TANAI et ONOE sp. nov.

(Plate IV, fig. 1)

Description: Leaves large to medium in size, oval in shape, 8.2 cm wide and about 14.5 cm long (holotype specimen); base asymetrically cordate, apex abruptly acuminate, margin entire at the base, thence doubly serrate, the teeth small and acute; midrib strongly stout and almost straight; secondary nerves 15~17 pairs, opposite or subalternate, 2 or 3 pairs of basal part short, spreading nearly at right angles to the midrib, other secondaries diverging at angles of 40~55°, slightly curved upwards, the secondaries in the lower half branching and looping near the margin, the ones in the upper half entering the primary marginal teeth, while the branches enter into the secondary teeth; internal marginal tertiaries well-marked and transversely percurrent; a coarse polygonal areolation of quaternary veins, enclosing a reticulate mesh of finer veinlets; texture firm; petiole missing.

Remarks: This large fossil leaves are somewhat fragmental, and restored as shown in Text-fig. 2. The present materials are most similar to *Corylus chinensis* FRANCH., which is living now in central and southern



Text-fig. 2 Restoration of *Corylus miochinensis* sp. nov. (Holotype No. 4030) ×7/10

China. But the living leaves are less in number of secondary nerves than the fossil leaves, and have 10~12 pairs.

This fossil leaves have a characteristic margin and venation, and are assigned to the genus *Corylus* with some hesitation. These characters have some resemblances to those of some leaves of *Ulmus*, *Pyrus*, *Malus* or *Juglans*, and especially to the last genus. In the leaves of *Juglans* the secondary nerves curves upwards and form a series of loops within the margin.

Collection: GSJ. Holotype Nos. 4030, 4031

Wistaria sp.
(Plate VII, fig. 5)

Description: Pod incomplete, and a half part missing; pod elongate in shape, large, 2 cm wide and over 10 cm (estimated) long, abruptly acuminated distad; seeds not visible.

Remarks: Only one incomplete pod was obtained. The present material is apparently a pod of Leguminoceae, and corresponds to that of *Wistaria* in its shape and size.

In Japan, the fossil pods of *Wistaria* were reported from the Pliocene sediments by S. Miki[14]: *W. floribunda* Dc. and *W. liginiatum* Miki. Among these fossil remains, the present material is closely related to the pod of *W. floribunda* which is occurred from the Pliocene *Stegodon* beds near Akashi City, Japan. *W. floribunda* is living now in Japan and China.

Collection: GSJ. Holotype No. 4034

Acer palaeoplatanoides Endo
(Plate VI, figs. 3, 4, 10)

1950. *Acer palaeoplatanoides*, Endo; Short Papers IGPS., No. 1, pl. 3, figs. 1, 9

Remarks: Though the samaras are somewhat incomplete, the nervation of wing and seeds are very well-preserved. These samaras are about 4.5 cm long, and 1.3~1.5 cm wide in the middle part. Seeds are semi-ellipsoidal in shape, and about 7 mm in width and 9~10 mm in length.

These materials are closely similar to *Acer palaeoplatanoides* Endo in their many characters, which is reported from the Miocene Kantindo formation in Korea by S. Endo[6]. The fossil specimen is similar to Norway maple (*Acer platanoides* L.), which is now existing in Europe and western Asia.

Collection: GSJ. Plesiotype Nos. 4036, 4037

Acer protojaponicum Tanai et Onoe sp. nov.
(Plate VI, figs. 5, 7, 8)

Description: Samaras small or medium in size, 2.0~2.3 cm long; wing with rounded apex, 0.6~0.7 cm at middle part, convex at inner side and somewhat incurved at junction with fruits; seeds comparatively large, semi-ellipsoidal, 0.5~0.7 mm long, base nearly perpendicular to posterior side of seed.

Remarks: The present materials closely resemble the samaras of *Acer japonicum* Thunberg, which is now living in Hokkaidō and northern

Honshū, Japan. The fragmental leaf-impressions closely to those of *Acer japonicum* are also occurred abundantly in this flora. This new species is probably a progenitor of the living species.

Collection: GSJ. Holotype No. 4038; Paratype No. 4039

Acer pseudoginnala TANAI et ONOE sp. nov.

(Plate VI, fig. 2)

Description: Samara about 4.2 cm long; wing 1 cm broad at the middle, and about 3.2 cm long, and about 1.2 cm broad near the distal end and narrows rapidly towards the base, apex obtusely rounded, outer margin nearly straight, inner margin convex; veins about 16 in number at the base, curving inwards and irregularly dichotomously branching. Seed elliptical in shape, 9 mm long and 6 mm wide, angle between outer margin of wing and contact line of seeds 15 or nearly parallel. Contact line of seeds about 7 mm long.

Some fragmental leaves which is closely similar to the living *Acer Ginnala* MAXIM., occur from the Shichiku flora. Though the leaves fragmental, leaves 3-lobed and doubly serrate in the margin of each lobes; middle lobe larger than lateral ones, and often asymmetrical in shape.

Remarks: Among the fossil samaras, the present material is somewhat similar to that of *Acer protodistylum* ENDO, which was reported from the Upper Eocene of the Fu-shun Coal Field in Manchuria by S. Endo, but the former is distinct easily from the latter by the dimension of seeds and other characters. Another allied one is the samara of *Acer* cfr. *trilobatum* (STERN.) AL. BR., which was described by H. Weyland[26] from the Oligocene of Rott in Siebengebirge of Rhineland, but the samara is smaller than the present material. S. Endo[6] described the fossil samara of *Acer Ginnala* from the Upper Miocene near Kobe City in Japan, but the samara is smaller than the Shichiku material. And the seed of the former is trigonal in shape, while the Shichiku's is elliptical.

The fossil species is closely similar to *Acer Ginnala* MAXIM., which is living in China, Japan, Korea and Manchuria. The fossil samaras are different from the living one by the dimension and shape of seeds. The samara of the living *Acer Ginnala* (Amur maple) is commonly 2.5~3.5 cm long, and its seeds are trigonal in shape.

Collection: GSJ. Holotype Nos. 4040, 4041

Acer Matsuii TANAI et ONOE sp. nov.

(Plate VI, figs. 1, 13)

1943. *Acer* sp. (samara), OISHI et HUZIOKA; Jour. Fac. Sci. Hokkaidō Imp. Univ., Ser. IV, Vol. 7, No. 1, pl. XI, fig. 5

Description: Samara 3.5 cm long; wing 1 cm broad at the middle, and about 2.8 cm long gradually narrowed to the base and apex, outer margin slightly concave and inner convex, apex rounded; veins fine, 18 in number at the base, curving inwards and dichotomously branching. Seed small, not thick semicircular in shape, about 0.6 cm in diameter; angle between the outer margin of wing and the contact line of the seeds about 45°, contact line of seeds about 0.8 cm long.

Remarks: Though only one fossil samara was obtained, it is appar-

ently a type of *Acer mono* MAXIM.. Among the fossil samara named under *Acer mono* or *A. pictum* in East Asia, the present material is not similar to any specimens. But *Acer* sp. which was described from the Middle Miocene in southern Hokkaidō by Oishi and Huzioka[20], is entirely similar to the Shichiku specimen, though the former is large in dimension than the latter.

In the Shichiku flora, the fragmental leaves of *Acer subpictum* SAPORTA are comparatively abundant. This fossil maple species, which is common in the Tertiary sediments in East Asia, was defined by leaf impressions. The present fossil samara seems to be that of *Acer subpictum*.

This new species is named in honour of Mr. H. Matsui, who gave to the writers some fossil materials and geological suggestions about the fossil locality.

Collection: GSJ. Holotype No. 4042

Acer cfr. *kokangenense* ENDO

(Plate VI, fig. 9)

Cfr. 1950. *Acer kokangenense*, ENDO; Short Papers IGPS., No. 1, pl. 3, fig. 10

Remarks: This large fruit of maple is closely similar to *Acer kokangenense* ENDO which was reported from the Miocene lignite beds of Kokangen in Korea by S. Endo, though the lowest portion is missing. Seed seems triangular or ellipsoidal in shape, though incompletely preserved, and they are about 0.5 cm in width and over 1.5 cm in length. The seed of the Shichiku specimen seems to be somewhat longer than the Korean specimens. This fossil samara is not comparable to any existing and fossil samaras of *Acer*.

Collection: GSJ. No. 4043

Tilia sp.

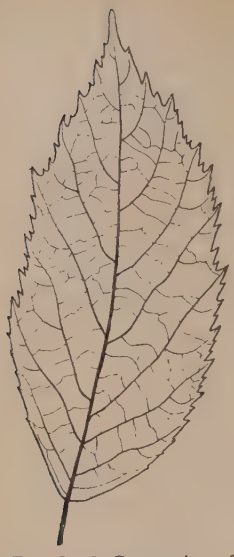
(Plate VII, figs. 2, 3)

Description: Pedunculate bract elongate-oblong, more than 5 cm long and 2 cm wide, truncately rounded at the apex, rounded at the base; central nerve distinct, bifurcating near the apex; lateral veins distinct, nearly perpendicular to the midvein; nervilles reticulated, making a fine-polygonal mesh; peduncle stalk over 1 cm long.

Remarks: This floral bract is fragmental, but fairly preserved. Among the living lindens, these specimens are closely similar to the bract of *Tilia amurensis* RUPER. In this flora, the leaves of *Tilia* are determined two species, *Tilia distans* NATHORST and *T. subnobilis* HUZIOKA. Comparing to the living species, the former fossil species similar closely to *T. amurensis* RUPER, and the latter fossil to *Tilia nobilis* REHD. et WILS.. The fossil materials are distinctly different from the bract of *T. nobilis*. Accordingly, the present specimens are probably the bract of *Tilia distans* NATHORST.

The pedunculate bract of the fossil lindens have scarcely reported in Japan. Among them the present fossils are most close to *Tilia* sp. which was reported by K. Huzioka from Abura, Shiribeshi Province, Hokkaidō.

Collection: GSJ. Cotype Nos. 4045, 4046



Text-fig. 3 Restoration of Aralia celtisfolia sp. nov. (Cotype No. 4045) ×3/5

Hemitrapa borealis (HEER) MIKI

(Plate IV, figs. 6~9)

1869. *Trapa borealis*, HEER; Königl. Akad. d. Wiss. Bd. 38, Taf. 8, figs. 9, 10

1952. *Hemitrapa borealis*, MIKI: Palaeobotanist, Vol. 1, fig. 1, F

Remarks: In this flora, many fossil nuts of *Hemitrapa* are found. These fossil nuts with well-developed brushy haired part are spindle-shaped and somewhat curved. And this characteristics correspond to *Hemitrapa borealis* (HEER). The nuts in the writers' collection are 10~15 mm wide, and 26~33 mm long. Their peduncles are 0.8 cm, and two appendages are short, and diverged from the nut.

The genus of *Hemitrapa* are established by S. Miki in 1941. From the Mio-Pliocene deposits in Gifu and Aichi Prefectures, Miki found many nuts of *Hemitrapa trapelloidea* MIKI, which has some resemblances to *H. borealis*.

Collection: GSJ. Plesiotype Nos. 4047, 4048, 4049, 4050, 4051

Aralia celtisfolia TANAI et ONOE sp. nov.

(Plate VII, fig. 1)

Description: Leaflet ovate or ovate-lanceolate, 4.5 cm wide and 10 cm long; base asymmetrically cuneate or rounded, apex acuminate; margin double-compound serrate, the teeth acute, usually pointing upward; midrib stout, slightly arched; secondary nerves irregularly spaced, alternate to subopposite, 9~10 pairs, leaving the midrib at angle of 40~55°, most of secondaries flexuous, forking, and their branches entering into the secondary smaller teeth; tertiary nerves comparatively distinct, irregularly percurrent; petiole broken, over 7 mm long; texture firm.

Remarks: This leaflet is broken and incomplete. This leaf-impression is assigned to the genus *Aralia* with some hesitation, and it is somewhat similar to *Hydrangea* or *Celtis*. But the fossil features of venation are closely similar to some leaves of *Aralia*.

Among leaves of the living angelica trees, the present material is closely similar in venation and marginal features to *Aralia californica* S. WATS. which grows now in North America. This fossil species is also similar to *Aralia spinosa* L., which is living in southeastern North America and central or southern China.

The fossil leaves similar to the present material are scarcely found in the Tertiary flora of East Asia, but *Aralia taurinensis* (WARD) in the Comstock flora of west central Oregon, the United States, is mostly close to the present species.

Collection: GSJ. Holotype No. 4052

Kalopanax acerifolium (NATHORST) HU et CHANEY
(Plate VII, fig. 4)

1883. *Acanthopanax acerifolium*, (NATHORST) ; K. Svensk. Vetens Handl., Vol. 20, No. 2, pl. 8, figs. 1, 2

1940. *Kalopanax acerifolium*, HU et CHANEY ; Carnegie Inst. Wash. Pub., No. 507, pl. 47, figs. 3, 5

Remarks : The fossil specimens are fragmental, and their marginal characters of each lobes are indistinct. Though the writers' leaves seem to be palmately 7-lobed, the basal pairs of primary nerves are weaker than the others.

The fossil leaves are closely similar to *Kalopanax ricinifolius* MIQ., which is living in Japan and China.

Collection : GSJ. No. 4053

Bibliography

1) Chaney, R. W. : A Revision of Fossil *Sequoia* and *Taxodium* in Western North America based on the Recent Discovery of *Metasequoia*, Trans. Amer. Philos. Soc., New Ser., Vol. 40, part 3, p. 171～239, 1951
2) Chu, K. & Cooper, W. S. : An Ecological Reconnaissance in the Native Home of *Metasequoia glyptostroboides*, Ecology, Vol. 31, No. 2, p. 260～270, 1956
3) Eguchi, M. & Shoji, R. : A Study on the Sedimentation of Coal in the Jōban Coal Field, (I) Environs of Isohara-machi, Ibaraki Prefecture (in Jap.), Jour. Geol. Soc. Japan, Vol. 59, No. 690, p. 99～109, 1953
4) Endo, S. ; Some Japanese Cenozoic Plants, I. On the Fossil *Acer* from the Shiobara Pleistocene Plant Beds, Jap. Jour. Geol. Geogr., Vol. 11, Nos. 3, 4, p. 239～253, 1934
5) Endo, S. : A Pleistocene Flora from Shiobara, Japan, Sci. Rep. Tōhoku Imp. Uuiv., Ser. 2, Vol. 21, No. 2, p. 47～80, 1940
6) Endo, S. : On the Fossil *Acer* from Japan, Korea and South Manchuria, Short Papers, Inst. Geol. Pal. Tōhoku Univ., No. 1, p. 11～17, 1950
7) Fujii, S. : On the Tertiary Stratigraphy of the Kadono District in the Jōban Coal Field (in Jap.), Jour. Geol. Soc. Japan, Vol. 62, No. 726, p. 129～138, 1956
8) Geological Survey of Japan : Geological Maps of the Coal Fields of Japan, I, Geological Map and Explanatory Text of the Jōban Coal Field, II. The Stratigraphy, Geologic Structure and Coal Seams (Matsui, H. & S. Sato, in Jap.), p. 9～64, 1957
9) Hanzawa, S. : Tōhoku-chihō (Northeast Japan) (in Jap.), Asakura-shoten, 1955
10) Heer, O. : Fossil Flora von Alaska, Königl. Akad. d. Wiss., Bd. 38, 1869
11) Hu, H. & Chaney, R. W. : A Miocene Flora from Shantung Province, China, Carn, Inst. Wash. Pub., No. 507, part 1, p. 1～82, 1940
12) Huzioka, K. : On some Fossil Involucre of *Ostrya* and *Carpinus* from the Miocene Deposits of Hokkaidō and Tyōsen (in Jap.), Jour. Geol. Soc. Japan, Vol. 50, No. 602, p. 317～325, 1934
13) MacGinitie, H. D. : The Trout Creek Flora of Southeastern Oregon, Carn. Inst. Wash. Pub., No. 416, p. 21～68, 1933
14) Miki, S. : On the Change of Flora in Eastern Asia since Tertiary Period, (I) The Clay or Lignite Beds Flora in Japan with Special Reference to the Pinus trifolia Beds in Central Hondo, Jap. Jour., Botany Vol. 11, p. 237～303, 1941
15) Miki, S. : On the Systematic Position of *Hemitrapa* and some other Fossil *Trapa*, Palaeobotanist, Vol. 1, p. 346～350, 1952
16) Mita, S., Tanai, T. & others : On the Stratigraphical Horizon of the Coal-bearing Formations in the Kadono and Kuroda-basin Districts, Jōban Coal Field (in Jap.), Bull. Geol. Surv. Japan, Vol. 5, No. 3, p. 149～152, 1954

17) Nakai, T.: Plants in East Asia (in Jap.), 1935
18) Nathorst, A. G.: Contributions à la Flora fossile du Japon, Kgl. Sv. Vet. Ak. Handl., Vol. 20, No. 2, 1883
19) Nathorst, A. G.: Zur Fossilen Flora Japans, Paläont. Abhandl., Vol. 4, p. 20～21, 1888
20) Oishi, S. & Huzioka, K.: Tertiary *Acers* from Hokkaidō and Karahuto, Jour. Fac. Sci. Hokkaidō Univ., Ser, 4, Vol. 7, No. 1, p. 81～101, 1943
21) Sato, S. & Matsui, H.: Preliminary Report on the Ishimoriyama District, Jōban Coal Field, Fukushima Prefecture (in Jap.), Bull. Geol. Surv. Japan, Vol. 2, No. 7, p. 339～347, 1951
22) Sanborn, E. I.: The Comstock Flora of West Central Oregon, Carn. Inst. Wash. Pub., No. 465, p. 1～28, 1937
23) Tanai, T.: Des fossiles végétaux dans le bassin houiller de Nishitagawa, Préfecture de Yamagata, Japon (1), Jap. Jour. Geol. Geogr., Vol. 22, p. 119～135, 1952
24) Tanai, T.: Notes on some Plant Fossils from Ennichi (Yongil) Group in Southern Korea (II), Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S., No. 9, p. 1～7, 1953
25) Tanai, T.: Illustrated Catalogue of Tertiary Plants in Japanese Coal Field, I. Early and Middle Miocene Floras (in Jap.), Geol. Surv. Japan Report, No. 163, p. 1～16, 1955
26) Weyland, H.: Beiträge zur Kenntnis der rheinischen Tertiärflora, II. Erste Ergänzungen und Berichtigungen zur Flora der Blätterkohle und des Polierschiefers von Rott in Siebengebirge, Palaeontographica, Bd. 83, Abt. B., S. 67～122, 1938
27) Yung, C.: Illustrated Mannual of Chinese Trees and Shrubs (in Chinese), 1937

常磐炭田石城地区北西部大野村産の中新世植物群について

棚 井 敏 雅　　尾 上 亨

要 旨

常磐炭田石城地区の北西部，すなわち久ノ浜町西方 8 km にあたる大野村字紫竹附近において，かつて白水層群最上位の白坂頁岩層の最上部と考えられた含亜炭層が小区域に分布している。この含亜炭層は凝灰質砂岩・泥岩などからなり，数枚の亜炭層を挟在し，近年の層序学的研究によると，古第三紀白水層群のものではなく，新第三紀のものではないかという考えが有力になつている。

筆者らの 1 人棚井は，この含亜炭層に伴なつて産出する化石植物を採集し，その後筆者らはこれらを検討し，その含植物化石層の地質時代と層位学的位置，および堆積機構などについて 2, 3 の考察を行なつた。

すなわち，この植物群はカンバ科・ニレ科・カエデ科のものを主体とし，これらにその他の温帯性落葉濶葉樹および毬果類を混交して，植物群の組成やその構成種から考えても本邦中新世における，いわゆる“阿仁合型植物群”に属することが明らかになつた。したがつて，この植物化石を伴なう含亜炭層は，白水層群最上部のものではなく，むしろ湯長谷層群最下部すなわち新第三系基底部の堆積物と考える方が妥当である。

しかも，これらの化石葉の大部分は保存がよく，また，*Hemitrapa* などの水生植物を有することなどから考えても，これらの植物が堆積地の比較的近くに生育していたことを物語るものといえよう。本論においては，この植物群を構成する化石種の，東亜における最も近似の現生種を求め，その現在の生育の条件や分布地を検討し，この植物群の生育した当時の環境的状態を推定している。

常磐炭田の各地においては，新第三系の基底部に，このような植物化石を伴なう含亜炭層がみいだされる。したがつて，その層序的位置や古植物群の示す環境などから考えると，常磐炭田においては古第三系が堆積した後に陸化して侵食され，その凹所または入り込んだ地形の所において，新第三紀海進の最も初期に，このような含亜炭層が堆積・形成されたのであろう。

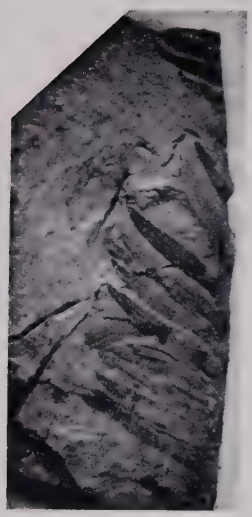
PLATES
AND
EXPLANATIONS

(with 7 Plates)

Plate I

1. *Cephalotaxus* sp. GSJ. No. 4057
2. *Metasequoia occidentalis* (NEWBERRY) CHANEY GSJ. No. 4004
3. *Metasequoia miocenica* TANAI et ONOE GSJ. Holotype No. 4001
4. *Metasequoia miocenica* TANAI et ONOE GSJ. Paratype No. 4003
5. *Picea Sugaii* TANAI et ONOE GSJ. Paratype No. 4058
6. *Picea Sugaii* TANAI et ONOE (Sketched from 5)
7. *Picea Sugaii* TANAI et ONOE GSJ. Holotype No. 4055
8. *Juglans shanwangensis* HU et CHANEY GSJ. No. 4006
9. *Alnus* sp. GSJ. Holotype No. 4007

(All natural size)



1

2

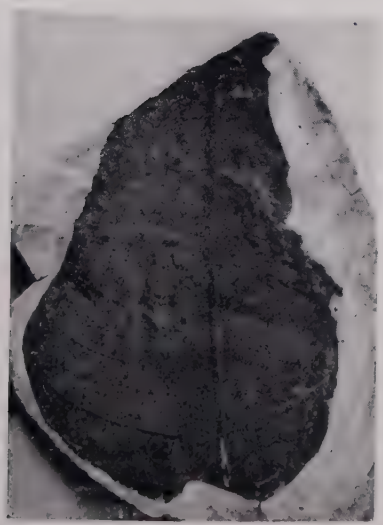
3

4

5

6

7



8

9

Plate II

1, 3. *Betula Mitai* TANAI et ONOE GSJ. Holotype No. 4008

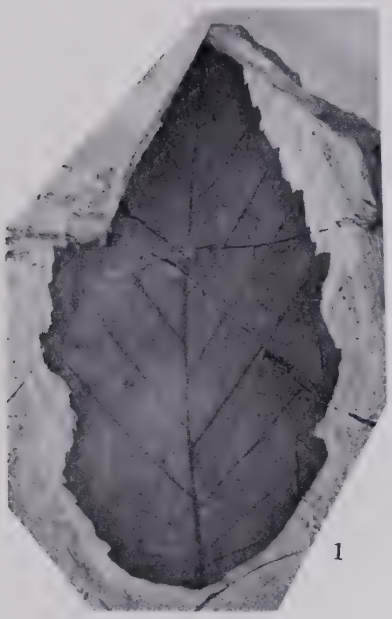
2. *Betula Mitai* TANAI et ONOE GSJ. Paratype No. 4009

4. *Betula micluminifera* HU et CHANEY GSJ. Plesiotype No. 4011

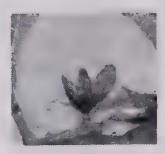
5. *Betula* sp. ×1.4, GSJ. Holotype No. 4012

6. *Betula* sp. (Sketched from 5)

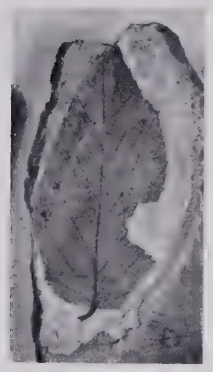
(All natural size unless otherwise stated)



1

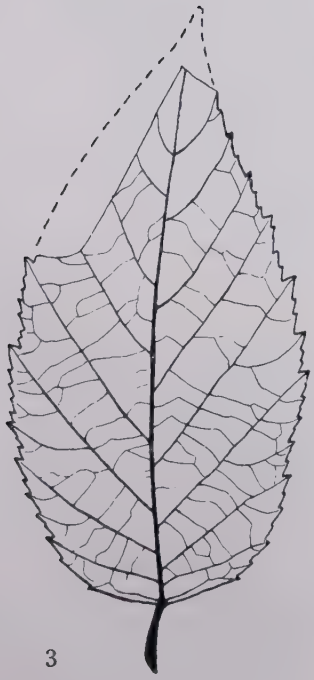


5



2

6



3

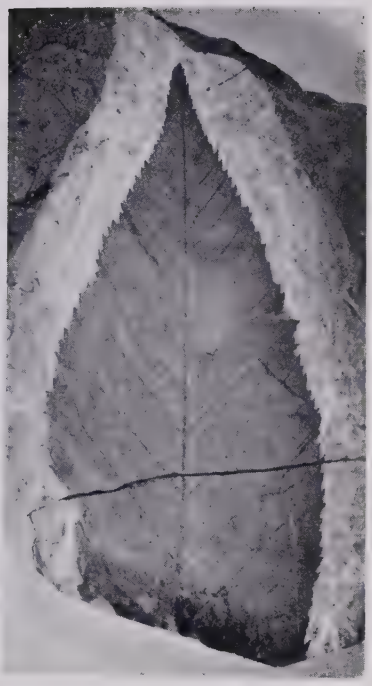
4

Plate III

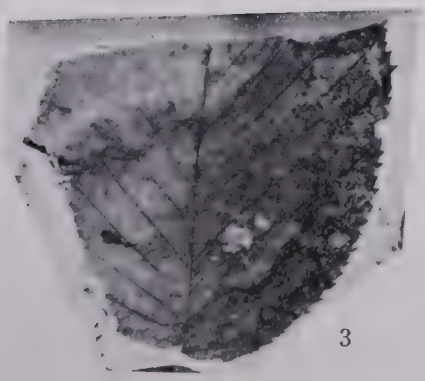
1. *Carpinus miofangiana* HU et CHANEY — GSJ. Plesiotype No. 4014
2. *Carpinus miofangiana* Hu et CHANEY — GSJ. Plesiotype No. 4015
3. *Carpinus miocordata* HU et CHANEY — GSJ. No. 4013
4. *Ostrya subvirginiana* TANAI et ONOE — GSJ. No. 4027

(All natural size)

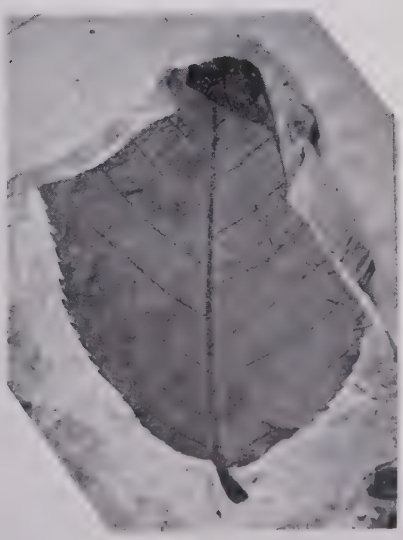
1



2



3



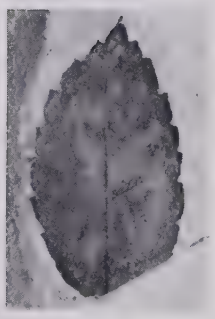
4

Plate IV

1. *Corylus miochinensis* TANAI et ONOE GSJ. Holotype No. 4030
2. *Zelkova Ungeri* (ETTINGS.) KOVATS ×1.4 GSJ. 4032
3a, 3b. *Ostrya subvirginiana* TANAI et ONOE GSJ. Holotype No. 4025 (3a Sketched from 3b)
4. *Ostrya subvirginiana* TANAI et ONOE GSJ. No. 4026
5. *Ostrya japonica* SARG. subsp. *cblongibracteata* HUZIOKA GSJ. Plesiotype No. 4028
6, 8. *Hemitrapa borealis* (HEER) MIKI GSJ. Nos. 4048, 4049
7. *Hemitrapa borealis* (HEER) MIKI GSJ. Plesiotype No. 4047
9. *Hemitrapa borealis* (HEER) MIKI (Sketched from 7)

(All natural size unless otherwise stated)

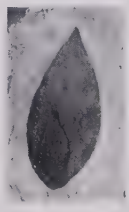
1


2

3 a

3 b

4


5

6

7

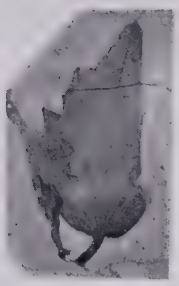
8

9

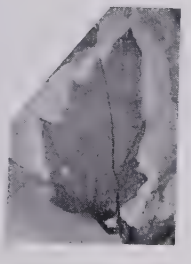
Plate V

1. *Carpinus s-Satoi* TANAI et ONOE GSJ. Holotype No. 4017
2. *Carpinus s-Satoi* TANAI et ONOE GSJ. Paratype No. 4018
3. *Carpinus ishikiensis* TANAI et ONOE GSJ. Holotype No. 4021
4. *Carpinus miofargesiana* TANAI et ONOE ×1.3 GSJ. Holotype No. 4014
5, 6. *Carpinus miofargesiana* TANAI et ONOE GSJ. Paratypes Nos. 4015, 4016
7. *Carpinus protoerosa* TANAI GSJ. Plesiotype No. 4022
8. *Carpinus* cfr. *miofargesiana* TANAI et ONOE
9, 10, 11. *Carpinus miofargesiana* TANAI et ONOE (Sketched from 4~6)
12. *Carpinus* cfr. *simplicibracteata* HUZIOKA GSJ. No. 4023
13, 14. *Carpinus s-Satoi* TANAI et ONOE (Sketched from 1 and 2)
15. *Carpinus ishikiensis* TANAI et ONOE (Sketched from 3)
16. *Carpinus miocordata* HU et CHANEY GSJ. No. 4024

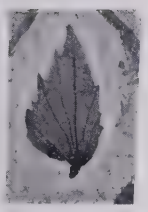
(All natural size unless otherwise stated)



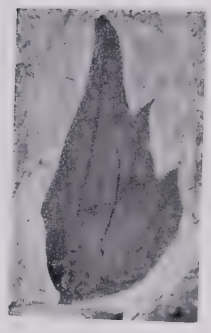
1



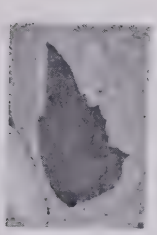
2



3



4



5

6

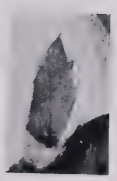
7

8

9

10

11



12

13

14

15

16

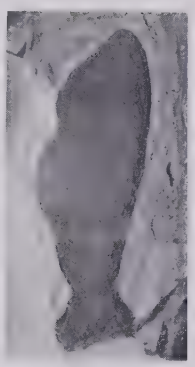
Plate VI

1. *Acer Matsuii* TANAI et ONOE GSJ. Holotype No. 4042
2. *Acer pseudoginnala* TANAI et ONOE GSJ. Holotype No. 4040
3. *Acer palaeoplatanoides* ENDO GSJ. Plesiotype No. 4037
4. *Acer palaeoplatanoides* ENDO ×1.3 GSJ. Plesiotype No. 4036
5. *Acer protojaponicum* TANAI et ONOE GSJ. Holotype No. 4038
6. *Acer palaeodiablicum* ENDO GSJ. Plesiotype No. 4054
7. *Acer protojaponicum* TANAI et ONOE GSJ. Paratype No. 4039
8. *Acer protojaponicum* TANAI et ONOE (Sketched from 5)
9. *Acer* cfr. *kokangenense* ENDO GSJ. No. 4043
10. *Acer palaeoplatanoides* ENDO (Sketched from 4)
11. *Acer miohenrii* HU et CHANEY GSJ. No. 4056
12. *Acer pseudoginnala* TANAI et ONOE GSJ. No. 4041
13. *Acer Matsuii* TANAI et ONOE ×1.3 (Enlarged figure of Holotype specimen)

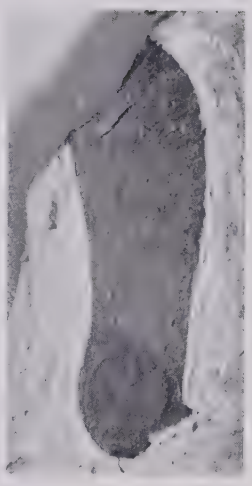
(All natural size unless otherwise stated)

1

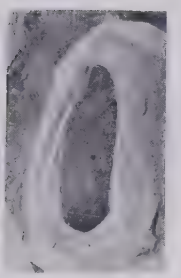
2



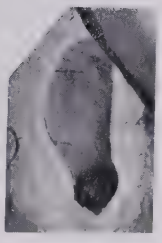
3



4

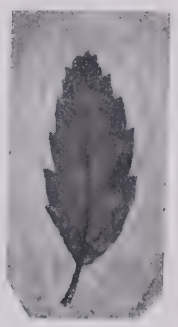


5



6

7

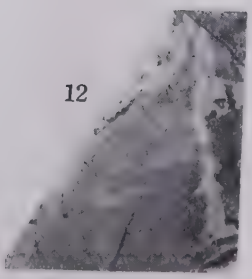


11

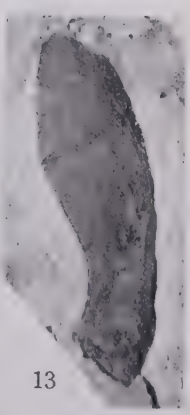
8

9

10



12

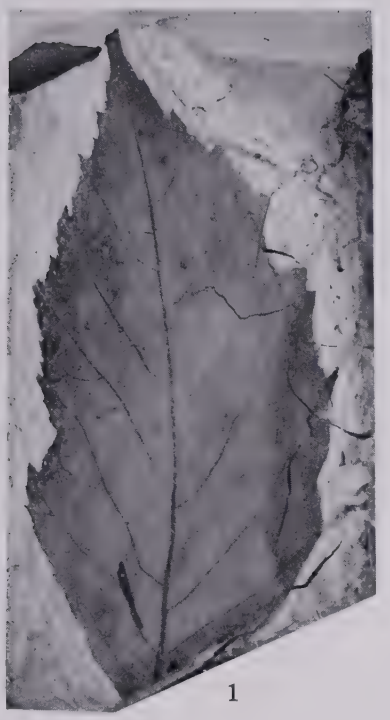


13

Plate VII

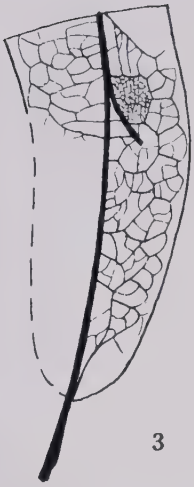
1. *Aralia celtisfolia* TANAI et ONOE GSJ. Holotype No. 4052
2. *Tilia* sp. GSJ. Cotype No. 4045
3. *Tilia* sp. (Sketched from 2)
4. *Kalopanax acerifolium* (NATHORST) HU et CHANEY GSJ. No. 4053
5. *Wistaria* sp. GSJ. Holotype No. 4034

(All natural size)



1

2



3

5

4

56 : 591.3 : 551.763 (958)

Some Cretaceous Pelecypods from Afghanistan

by

Yukio YABE*

Abstract

Pelecypods, echinoid, ammonite, brachiopod and tetra-coral from Afghanistan were sent to the Geological Survey of Japan through Dr. H. Sawata by the request of the Geological Survey of Afghanistan, Royal Afghan Ministry of Mines and Industries.

Concerning the Pelecypods only, the writer determined their genera and specific names as follows :

Neithea quinquecostata (SOWERBY)
Inoceramus aff. *balticus* BOEHM
Pterotrigonia (?) sp. indet.
"*Pecten*" sp. indet.
Limidae or *Cardiidae* gen. et sp. indet.

All of them obviously indicate the late Cretaceous period, except the illustrated specimens under a name of *Pterotrigonia* (?) sp.. If just-mentioned specimens represent actually the genus *Pterotrigonia*, this genus has a great probability represented the lower horizon than the upper Cretaceous.

Introduction and Acknowledgements

The distribution of Cretaceous strata in the northern realm of Afghanistan has been hitherto known, though its detail has been scarcely reported. Fortunately, the Afghan fossils belonging to pelecypod, echinoid, ammonite, brachiopod and tetra-coral collected by the Geological Survey of Afghanistan, Royal Afghan Ministry of Mines and Industries, were sent to the Geological Survey of Japan through Dr. H. Sawata who is carrying on the geological reconnaissance in Afghanistan by the request of the Afghan Government, in order to serve those for determination of the geological age.

In this paper, the writer deals with only the pelecypods representing the upper Cretaceous period, in consideration of the geologic age of these fossils for an aid of studying the pelecypod-fauna of Tethys sea.

At last, the writer wishes to express his sincere thanks to the Geological Survey of Afghanistan, Royal Afghan Ministry of Mines and Industries for its kind favours sending these fossils and offering an opportunity of this study to the writer.

Notes on Paleontology and Geology

Of the pelecypod fossils examined, the following two specific names were identified, but those of other six specimens could not be determined owing to ill-preservation.

Among the determined species, *Inoceramus balticus*, *Neithea quinquecostata*, and their allied species are world-widely distributed in the upper Cretaceous period, and are very effective for the age determination. The geologic range of the first is thought to be shorter than that of the second. *Inoceramus balticus* and its allied species are yielded from the Senonian (s.s.)

* Geological Department

Name	Locality
Neithea quinquecostata (SOWERBY)	N. 34.86°, E. 67.28°, N. 34.86°, E. 67.81°, N. 34.87°, E. 67.18°
Inoceramus aff. *balticus* BOEHM	N. 34.87°, E. 67.18°
Lopha sp.	N. 34.86°, E. 67.28°
Pterotrigonia (?) sp. indet. (including two specimens)	N. 34.82°, E. 67.54°
"*Pecten*" sp. indet. (including two specimens)	N. 34.87°, E. 67.18°, N. 34.86°, E. 67.28°
Limidae or *Cardiidae* gen. et sp. indet.	N. 34.86°, E. 67.28°

to Maestrichitian of Southern India, Europe, Japan, etc. *Neithea quinquecostata* and its allied species have been repeatedly reported throughout the upper Cretaceous deposits of Southern India, Southern Africa and various countries of Europe. In this sense, these species seem to play an important role in the faunal relationship of the upper Cretaceous period among Europe, Southern Africa and Asia.

The report on geology of Afghanistan in detail has been hitherto scarcely published. According to the compiled geological map of Eurasian continent published in U.S.S.R. (1956), recently discovered localities of these fossils are kept as a blank territory in this compiled map. Fortunately, the writer has an opportunity to read the article on the stratigraphical outline of Afghanistan lately reported by S. POPOL and S. W. TROMP (1954). According to them, the Cretaceous system is widely developed from the northeastern to the southwestern realms of Afghanistan. Among the Cretaceous, the Senonian (s.l.) represents the narrowest distribution. Regarding the Senonian strata, they say as follows:

> Senonian and Lower Eocene beds seem to be absent in Afghanistan except in the section north of the massive Turonian limestone at Tashkurgan and below the Argane pass (20 km W. of Kunduz, in the northeastern plain). Both micro- and macro-fossil studies confirmed our assumption in the field that the marly sections above the massive Turonian limestone represent a Senonian section, near Tashkurgan gradually changing into L. Eocene gypsiferous marls. This so-called "Tashkurgan series" is composed of a 270 m thick grey (in the sun grey) marl section near the base composed of white weathering greenish marls. About 80 m above the base a thin section of black oil shales occurs. In the Ishpushta region, in the Central Hindu Kush, the Turonian massive limestone are covered by brownish grey (green in sun) marl, with sandstone and limestone intercalations, which also may represent a Senonian or L. Eocene section.

As shown in Fig. 1, recently discovered fossil localities are situated at the northern and northwestern parts of Bamian in the Central Hindu Kush range, and the matrix of each fossil is composed of various colored sandstone. Therefore the approximate horizon of these fossils may be in sandstone intercalation within brownish grey marls which are assumed by them to be the Senonian or the lower Eocene. Meanwhile, when the geological age is inferred from these fossils, the conclusion will be deduced as follows: It cannot be said from the past studies of many authors that *Neithea quinquecostata* ranges only in the Senonian. However, the geologic horizon of locality ① (Fig. 1) is thought at least to be correlated to the Arrialoor group (Upper Senonian) of the Southern India and the upper Yezo group (from upper most Senonian (s.s.) namely, Campanian to lower Mae-

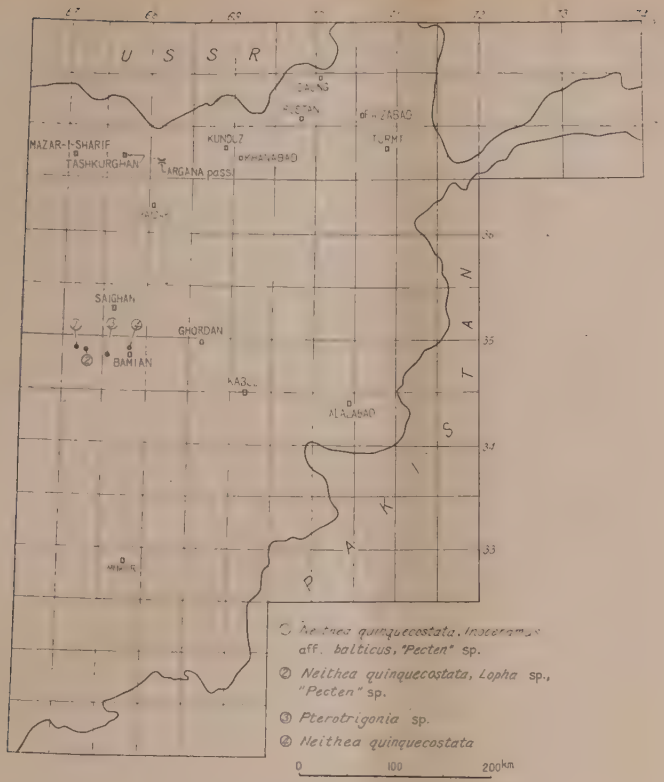


Fig. 1 Map showing several localities of some Cretaceous pelecypods in Afghanistan

strichitian) of Japan, as this locality yields *Neithea quinquecostata* with *Inoceramus* aff. *balticus*. The localities ② and ④ yielding only *Neithea quinquecostata* may represent the lower horizon than the Senonian, but the writer assumes these fossils to be also the Senonian. The locality ③ yielding *Pterotrigonia* (?) sp. may possibly represent the lower horizon than the Senonian (see p. 34).

Description of Species

Genus *Neithea* Drouet, 1824

Neithea quinquecostata (Sowerby)

(Plate I, figs. 1~4)

1814. *Pecten quinquecostatus* Sowerby; Mineral Conchology of Great Britain, Vol. 1, p. 122, pl. 56, figs. 4~8

1846. *Janira quinquecostata* d'Orbigny; Paleontologie française, Terrains crétacés, Vol. 3, p. 632, pl. 444, figs. 1~5

1846. *Pecten quinquecostatus* Pictet et Roux; Description des Mollusques Fossiles, p. 296, pl. 45, figs. 3a~c

1870. *Pecten quadricostatus* Creder; Deutsche. geol. Gesell. Zeitsch., Band 22, p. 232

1871. *Vola quinquecostata*, Stoliczka; India. Geol. Survey Mem., Pal.

Indica, Cret. Fauna Southern India, Vol. 3, p. 437, pl. 31, figs. 1~6; pl. 38, figs. 4~9

1885. *Neithea quinquecostata* WHITFIELD; U. S. Geol. Survey Mon. 9, p. 56, pl. 8, figs. 12~14

1903. *Pecten* (*Neithea*) *quinquecostatus* WOODS; A Mon. Cret. Lamell. England, Vol. 1, p. 202, pl. 39, figs. 14~17; pl. 40, figs. 1~5, Palaeont. Soc. London

1908. *Pecten* (*Neithea*) *quinquecostatus* WOODS; Annals South African Mus., Vol. 4, pt. 12, p. 298, pl. 35, fig. 14

1914. *Pecten quinquecostatus* STEPHENSON; U. S. G. S. Prof. Paper 81, p. 24, tabs. 2~9

1916. *Pecten quinquecostatus* GARDNER; Maryland Geol. Survey, Upper Cretaceous, p. 596, pl. 34, fig. 10

1927. *Pecten quinquecostatus* WADE; U. S. G. S. Prof. Paper 137, p. 64, pl. 21, figs. 1~5

1950. *Neithea quinquecostata* COLLIGNON; Annales Géologique du Service de Mines, Madagascar, Fascicule N°. 17, p. 31

All specimens are right valve. The test remains only in one specimen, and others are all internal moulds.

The right valve ovately subtrigonal exclusive of auricles, nearly equilateral, usually a little higher than long, regularly and well swollen with very prominent umbo; maximum convexity lying at about one-thirds from the umbo in the height of shell.

Dimensions (in mm)

	Height	Length	H/L
Pl. I, Fig. 1	52.0 (ca.)	48.5 (ca.)	1.07
Pl. I, Fig. 2	46.0	39.0 (ca.)	1.18

Umbo located at the middle of the shell length, very protruded, pointed beyond the hinge-line, incurved, orthogyrate or slightly prosocline. Both dorsal margins feebly concaved, diverging at angle of about 80°. Both auricles distinctly differentiated with the disc. Surface sculptured with five, elevated, round-topped primary radials, subequal in size and intercostal spacing, existing three or rarely four, equal and regular secondaries between each pair of primaries, but the antero-dorsal part in the disc ornamented with rather fine close-set radial ribs. Dental feature unknown.

Observation and *Remarks*: Few specimens with poor preservation are available for the writer; they lack external sculptures of both auricles, ligamental and umbonal areas.

Many authors have hitherto stated their opinions concerning this species, because this species has tolerably wide range of the variation, namely, in the numbers, shape and interspaces of the secondary ribs. Until the beginning of the 20 th Century, these factors had been thought to play an important role in the distinction of another species. Then, from the plates illustrated by many authors, it was examined by the writer how many forms are there, in many specimens identified under a name of *Neithea quinquecostata*. In this case, the writer neglected the above-mentioned factors, because STOLICZKA[15] and WADE[16] pointed out that there was little regularity in the numbers of the secondary ribs, though the original illustrator. SOWERBY[13] recognized the regularity of that.

Generally, four types are recognized as follows:

1) Straight shoulder of both auricles and less height of the shell (H/L proportion changes approximately from 0.96 to 1.08)
2) Straight shoulder of both auricles and higher height of the shell (H/L proportion changes approximately from 1.15 to 1.17)
3) Down shoulder of both auricles and less height of the shell (H/L proportion changes approximately from 1.02 to 1.05)
4) Down shoulder of both auricles and higher height of the shell (H/L proportion changes approximately from 1.11 to 1.18)

Concerning the affinities of *Neithea quinquecostata*, *N. morrisi* instituted by PICTET and RENEVIER (1858) and *N. quadricostata* (SOWERBY) had been known in Europe and Asia, WOODS (1903) stated that the difference between *N. morrisi* and *N. quinquecostata* was as follows:

> As a rule *P.* (*N.*) ***morrisi*** is characterized by the relatively greater height of the shell (and consequently smaller apical angle), by the smaller convexity of the right valve, the rather stronger main ribs, with the ribs of the interspaces rather more unequal in size, and lastly in having the area, as a rule, without ribs. The concentric ornamentation agrees with that of *P.* (*N.*) *quinquecostatus*.

The writer tried the dimensions of H/L proportion of WOODS's examples of *N. morrisi* (pl. 39, figs. 11~13) represented on the plate. As a result of this measurements, H/L proportion was from 1.22 to 1.26. Accordingly, it is clearly that there is evident gap in H/L proportion between two species. And also *N. morrisi* is obviously less convexed on the right valve compared with that of *N. quinquecostata*. These facts call no question in the separation of two species. While, the question remains concerning two species of *N. quinquecostata* and *N. quadricostata*, as pointed out by STOLICZKA[15] and WADE [16]. The criterion for the distinction of two species is illustrated by WOODS as follows:

	N. quinquecostata	*N. quadricostata*
Auricles	smaller	larger
Secondary ribs between each primary	four	three
Shell	smaller	relatively larger
Hinge-line	shorter	longer

Examining *N. quinquecostata* from the Ripley formation of Tennessee, U. S. A., WADE indicated that the Tennessee forms are very akin to *N. quadricostata* illustrated by WOODS; namely those sizes and the numbers of the secondary ribs (usually three), except for the posterior large auricle of *N. quadricostata*. Consequently, a sole factor distinguished from two species is one point of larger posterior auricle in *N. quadricostata* by WADE's observation. Furthermore, *N. quinquecostata* (pl. 21, figs. 1, 2) of the Tennessee form is obviously larger posterior auricle than those of the Southern Indian, European, and African forms.

Among several specimens disposed by the writer, a specimen (pl. I, fig. 1a) is very similar to the Tennessee form and the another specimen (pl. I, fig. 4a) is rather allied to *N. quadricostata* of WOODS, judging from only its size, though this specimen is laterally compressed.

The Afghan representations are so few in number that they offer very little assistance toward the solution of this problem. Among the Afghan form, however, the fact that there are intermediate form between *N. quinquecostata* and *N. quadricostata* will have to quantatively examine many

tope types of *N. quadricostata.*

Localities and *Geological horizon:* Loc. ① (Band-i-Amir, N. 34.87°, E. 67.18°), Loc. ② (Band-i-Amir, N. 34.86°, E. 67.28°), and Loc. ④ (Band-i-Amir, N. 34.86°, E. 67.81°). May be Senonian.

Distribution: Ootatoor, Trichinopoly, and Arrialoor groups, Southern India, England, Western, Northern, and Central Europe, Middle and Northern Syria, Pondland, Southern Africa, Komihevitra-Mokaraha region, Madagascar, Tennessee, Maryland, New Jersey, U. S. A. and Mexico.

Genus *Inoceramus* PARKISON, 1819

Inoceramus aff. **balticus** BOEHM

(Plate II, figs. 1a, b)

1909. *Inoceramus balticus* BOEHM; Geologie und Paläontologie der Subhercynen Kreidemulde, Abhand. d. K. preuss. geol. Landesanst.; N.F. 56, p. 47, pl. 11, fig. 2a; pl. 12, fig. 1a

1912. *Inoceramus balticus* WOODS; A Mon. Cret. Lamell. England, Vol. 2, p. 293, text-figs. 51~53

1940. *Inoceramus balticus* NAGAO and MATSUMOTO; A Mon. Cret. *Inoceramus* Japan, pt. 2, Jour. Fac. Sci., Hokkaido Imp. Univ., Ser. 4, Vol. 6, No. 1, p. 18, pl. 10, fig. 1; pl. 13, fig. 1

1957. *Inoceramus balticus* AMANO; Upper Cret. Moll. from Shimo-Koshiki-Jima, Kyushu, Kumamoto Jour. Sci., Kumamoto Univ., Ser. B, Sect. 1, Vol. 2, p. 57, pl. 2, figs. 2~4

The specimen disposed by the writer is a sole bivalve exhibiting internal mould. Unfortunately, in the right valve, the portion from its umbonal area to the ventral is broken.

Shell somewhat inequivalve, extremely inequilateral; length greater than height; very prolonged postero-ventrally, like as a genus *Bakevellia*, accordingly the angle between the hinge-line and the line from the beak to the poster-ventral portion forming about 50°, and that line runs almost parallel with the posterior, moderately convex except the posterior and the postero-dorsal, in which are somewhat compressed. Anterior and the postero-ventral parts broadly arcuated; the posterior margin forming an obtuse angle (ca. 130°) with the hinge-line. In the right valve, the antero-ventral portion forms clearly inward-bending (about 90°) in the juvenile stage, but that of the left one is more obscure than that of the right one. Hinge-line relatively long.

Dimensions (in mm)

Length	Height	L/H
12.6	3.6	3.5

Umbo nearly terminal. Internal surface of the shell consists of very broad, but indistinct ribs and the interspaces. Curvature of the interspace is relatively asymmetrical. Bifurcation of the ribs are indistinctly recognized at the several parts of the internal surface. On the marginal part of this specimen, rib is obliterated.

Observation: Judging from the illustration concerning this species by BOEHM[12], WOODS[18] and NAGAO and MATSUMOTO[9], its characteristics will be summarized in the following respects.

1) Much elongate outline from the beak to the postero-ventral angle

2) The antero-ventral portion of the shell forms distinctly inward-bending in the juvenile stage
3) Becoming very convex in the adult specimen
4) Umbo subterminal
5) Very broad concentric ridges and numerous concentric rings
6) Sometimes with the bifurcation of the concentric ridge
7) On the marginal parts of the adult specimen ribs are obsolete or absent

Among these characteristics, the Afghan form is accordant with the England one in the respects of 1), 2), 5), 6) and 7). The former, however, is distinguishable from the latter in having nearly terminal umbo and less convex shell. Owing to the fact that the umbo of this specimen is nearly terminal, the curvature of its antero-dorsal margin is weaker than that of *I. balticus* illustrated by Woods (1912, p. 294, fig. 51)[18] and Boehm (1907, pl. 11, fig. 2; pl. 12, fig. 1). Furthermore, concentric rings of the marginal part of this specimen are obliterated, notwithstanding this specimen seems not to show the adult stage, judging from the measurement of Woods's specimen, and also this specimen is distinctly less convex compared with the figures (text-figs. 51, 52) illustrated by Woods.

From the consideration of the illustration of Nagao and Matsumoto, the Afghan form is distinguishable from the Japanese one by having less convex shell.

Woods pointed out that one important distinction between *I. balticus* and *I. inconstans* was the location of umbo. The former has subterminal umbo and the latter has nearly terminal one. In just-mentioned point, this specimen is similar to *I. inconstans*, but obviously differs from that species, in the outline and surface sculptures of the shell.

Judging from just-mentioned facts, the Afghan form may represent a new form which is closely related to *I. balticus*. As the specimen is a sole, the writer tentatively identified this form with *I. balticus* at present stage.

Locality and *Geological horizon:* Loc. ① (Band-i-Amir, N. 34.87°, E. 67.18°), Upper Senonian

Genus *Lopha* Röding, 1798

Lopha sp.

(Plate III, figs. 1a, b)

Material: A single, bivalve specimen with almost complete outline.

Shell medium for the genus, *Pterotrigonia*-like in outline, but its ventral area more swollen than that of a genus *Pterotrigonia*. Convexity of both valves nearly equal, but somewhat stronger in the left valve than in the right one. The right valve bears prominent, occasionally bifurcating plications which diverge from broadly arcuated medial ridge to the ventral margin and the plications seem to increase with the growth of the shell either by bifurcation or by intercalation; the first bifurcation originates at the neighbourhood of the medial ridge, and the second one originates at weakly nodose middle stage of the growth, though those are irregular. Those plications generally forming sharp angulation (ca. 50) in the ventral, but tend to broader and weaker on the posterior and the anterior side of the shell; a maximum number of plication of the right valve measured at the margin is about 30.

Dimensions (in mm)

Length	Height
9.8	6.1

Observation: The left valve covered with cementing material of calcareous sand, accordingly, characteristic sculpture of the shell is obscure. So far as the writer has observed, surface sculpture of the left valve is nearly same to that of the right. But the postero-dorsal part is more clearly convex than that of the right (see pl. III, fig. 1b). The umbonal area of the left valve forms irregular process suggesting the attachmental area of the shell.

Locality and *Geological horizon:* Loc. ② (Band-i-Amir, N. 34.86°, E. 67.28°). May be Senonian.

Genus *Pterotrigonia* VAN HOEPEN, 1929

Pterotrigonia (?) sp. indet.

(Plate I, fig. 5; Plate III, fig. 2)

Remark on the geological horizon: Recently, the study of subfamily *Pterotrigoniinae* was done by T. KOBAYASHI and M. NAKANO[7]. According to them, among this subfamily, a genus *Pterotrigonia* distributed cosmopolitan in the early Cretaceous, declining in Europe, but flourished in the other regions in the middle Cretaceous. The relic members of this genus in the late Cretaceous are known only from North America and New Zealand. Accordingly, if these specimens represent actually the genus *Pterotrigonia*, these specimens have a great probability representing the lower horizon than the Senonian.

Locality: Loc. ③ (N. 34.82°, E. 67.54°)

"**Pecten**" sp. indet

(Plate IV, figs. 1, 2)

Localities: Loc. ① (Band-i-Amir, N. 34.87°, E. 67.18°) and Loc. ② (Band-i-Amir, N. 34.86°, E. 67.28°)

References

1) Amano, M.: Upper Cretaceous Mollusca from Shimo-Koshiki-Jima, Kyushu, Kumamoto Jour. Sci., Kumamoto Univ., Ser. B, Sect. 1, Geology, Vol. 2, No. 2, 1957

2) Collignon, M.: Recherches sur les Faunes Albiennes de Madagascar III L'Albien de Komihevitra, Annal. Géol. Serv. Mines, Madagascar, Fascicule N°17, 1950

3) Cox, L. R.: The Jurassic Lamellibranch Fauna of Cutch (Kachh), No. 3, Families *Pectinidae*, *Amusiidae*, *Plicatulidae*, *Limidae*, *Ostreidae* and *Trigoniidae* (Supplement), Mem. Geol. Survey India, Pal. Indica, Ser. 9, Vol. 3, Pt. 4, 1952

4) Creder, H. H.: Die Kreide von New Jersey, Deutsche. Geol. Gesell. Zeitsch., Band 22, 1870

5) d'Orbigny, A.: Description des Mollusques et Rayonnés Fossiles, Paleontologie française, Terrains crétacés, Vol. 3, 1846

6) Gardner, J. A.: The Upper Cretaceous Deposits of Maryland (Systematic Paleontology, Upper Cretaceous, Mollusca), Maryland Geol. Survey, 1916

7) Kobayashi, T. & Nakano, M.: On the *Pterotrigoniinae*, Jap. Jour. Geol. Geogr., Vol. 28, No. 4, 1957

8) Nagao, T.: Cretaceous Mollusca from the Miyako District, Honshū, Japan, Jour. Fac. Sci., Hokkaido Imp. Univ., Ser. 4, Vol. 2, No. 3, 1934

9) Nagao, T. & Matsumoto, T.: A Monograph of the Cretaceous *Inoceramus* of Japan, Jour. Fac. Sci., Hokkaido Imp. Univ., Ser. 4, Vol. 6, No. 1, 1940
10) Pictet, F. J. et Roux, W.: Description des Mollusque Fossiles que se trouvent dans les Grés Verts des Environs de Genève, Soc. Phy. Hist. natur. Genève, 1846
11) Popol, S. A. & Tromp, S. W.: The Stratigraphy and Main Structural Features of Afghanistan I, Konikl. Nedrl. Akademie van Westenschappen-Amsterdam Reprinted from Proceedings, Ser. B. 57, No. 3, 1954
12) Schroeder, H. und Boehm, J.: Geologie und Paläontologie der Subhercynen Kreidemulde, Abhand. d. k. Preuss. Landesanstalt, N. F. 56, 1909
13) Sowerby, J.: Mineral Conchology of Great Britain, Vol. 1, 1814
14) Stephenson, L. W.: Cretaceous Deposits of the Eastern Gulf Region and Species of *Exogyra* from the Eastern Gulf Region and the Carolinas, U. S. Geol. Survey, Prof. Paper 81, 1914
15) Stoliczka, F.: Cretaceous Fauna of Southern India, Mem. Geol. Survey India, Pal. Indica, Vol. 3, Nos. 9～13, 1871
16) Wade, B.: The Fauna of the Ripley Formation on Coon Creek, Tennessee, U. S. Geol. Survey, Prof. Paper 137, 1926
17) Whitfield, R. P.: Brachiopoda and Lamellibranchiata of the Raritan Clays and Greensand Marls of New Jersey, Mon. U. S. Geol. Survey, Vol. 9, 1885
18) Woods, H.: A Monograph of the Cretaceous Lamellibranchia of England, Vol. 1, 2, Pal. Soc. London, 1899～1912
19 Woods, H.: The Cretaceous Fauna of Pondland, Annals South African Museum, Vol. 4, Pt. 12, 1908

アフガニスタン産白堊紀二枚貝類

矢部　之男

要　旨

現在，アフガニスンに滞在中の沢田秀穂の依頼により，属種名同定のため，同国産二枚貝・ウニ・菊石・腕足貝・四射サンゴなどが送られてきた。そのうち，二枚貝類について検討した結果は次の通りである。

Neithea quinquecostata (SOWERBY)
Inoceramus aff. *balticus* BOEHM
Pterotrigonia (?) sp. indet.
"*Pecten*" sp. indet.
Limidae or *Cardiidae* gen. et sp. indet.

これらの二枚貝はすべて上部白堊紀を指示するが，*Pterotrigonia* (?) sp. はより下位の層準を示す可能性がある。

Plate I

Neithea quinquecostata (SOWERBY) 29

Fig. 1a A right valve and the posterior auricle somewhat preserved (GSJ. Reg. No. 5101) ×1

Fig. 1b Dorsal view of same specimen ×1

Fig. 2a Internal mould of a right valve (GSJ. Reg. No. 5102) ×1

Fig. 2b Dorsal view of same specimen ×1

Fig. 3a Internal mould of a right valve, both auricles not preserved (GSJ. Reg. No. 5103) ×1

Fig. 3b Dorsal view of same specimen, beak not preserved ×1

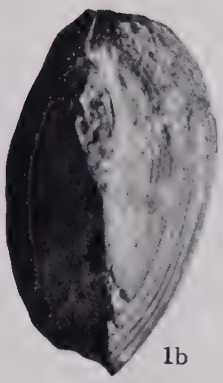
Fig. 4 Deformed large specimen, posterior part rather fairly preserved (GSJ. Reg. No. 5104) ×1

Pterotrigonia (?) sp. indet. 34

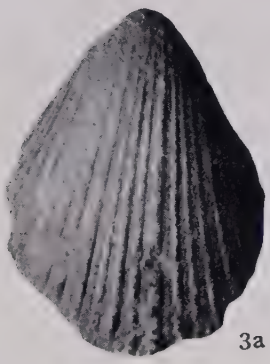
Fig. 5 A right valve (GSJ. Reg. No. 5107) ×1

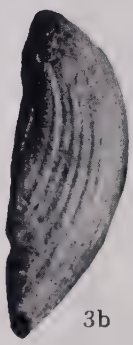
(All specimens here illustrated are tentatively reposited in Geological Survey of Japan.)

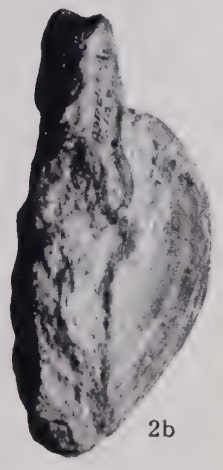
1a

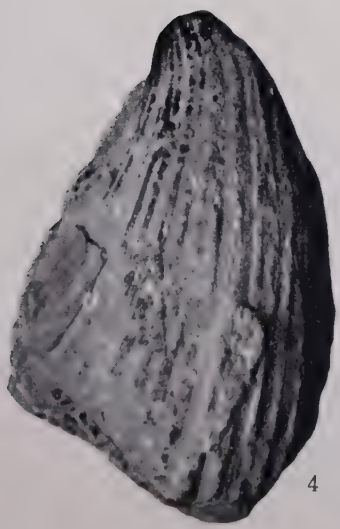

1b

2a


3a


3b


2b


4

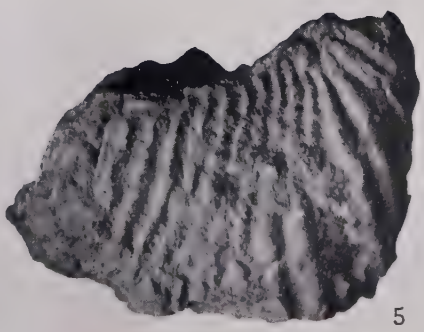
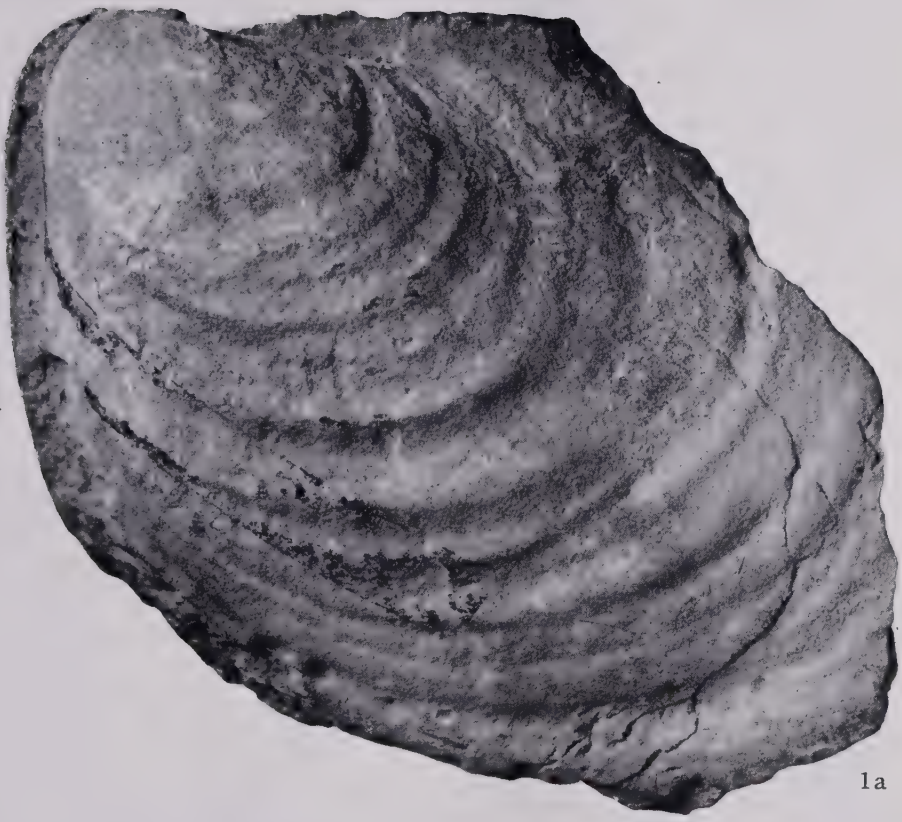

5

Plate II

Inoceramus aff. *balticus* BOEHM 32

Fig. 1a Internal mould of a left valve, characteristic "Rippengabelung" is exhibited on the surface of the shell. (GSJ. Reg. No. 5105) ×1

Fig. 1b Apical view of same specimen ×1



1a

1b

Plate III

Lopha sp. 33

Fig. 1a Almost complete right valve (GSJ. Reg. No. 5106) ×1

Fig. 1b Posterior view of same specimen

Pterotrigonia (?) sp. indet. 34

Fig. 2 Internal mould of a left valve (GSJ. Reg. No. 5108) ×1

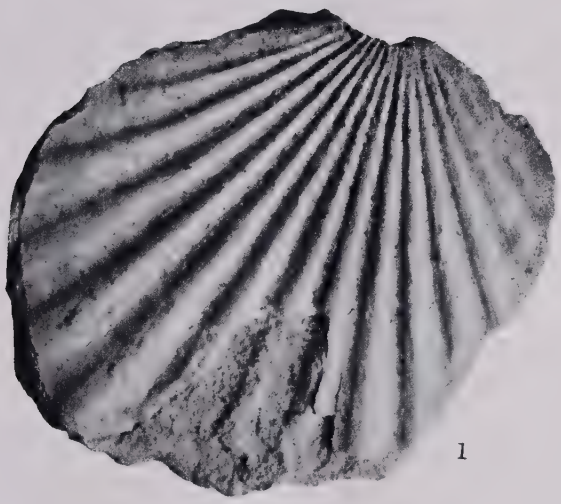
1a
1b
2

Plate IV

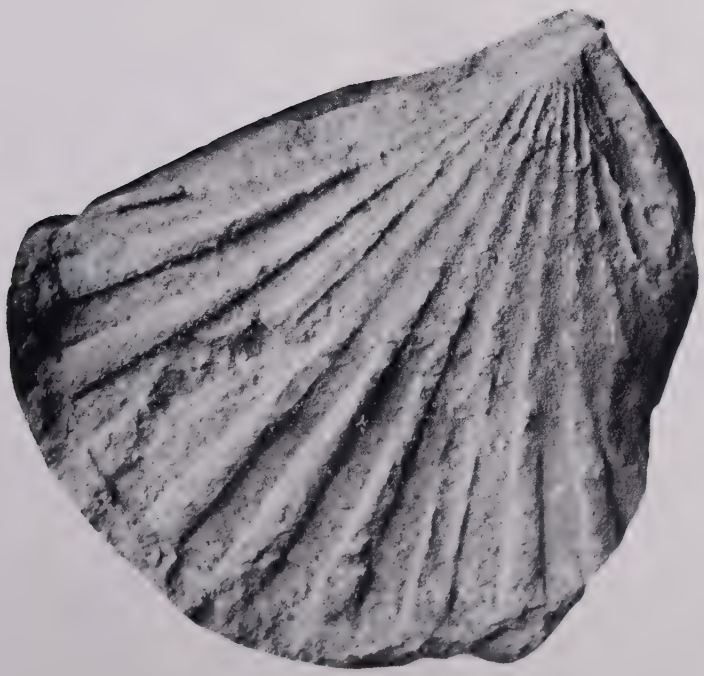
"*Pecten*" sp. indet. 34

Fig. 1 A left valve, both auricles not preserved (GSJ. Reg. No. 5109) ×1

Fig. 2 Internal mould of a right valve (GSJ. Reg. No. 5110) ×1



1



2

550.834

地震探査用多現象観測装置の試作

森　喜義*　古谷　重政*　井波　和夫*

On the Multi-channel Oscilloscope of Seismic Recordings

by

Kiyoshi Mori, Shigemasa Furuya & Kazuo Inami

Abstract

An instrument using a single gun cathode ray tube for viewing the multiple channeled data was constructed, in order to avoid wasteful photographic proceeding which must be required in conventional method, in playing back the magnetically recorded seismic data.

This serves as a monitor to show instantly the effect of filtering and offers rapid operation reducing the making of paper records. In chapter 3, it was described briefly on the entire construction illustrating the schematic diagram in Fig. 1, and the characteristics of each unit were reported in chapter 4, somewhat in detail.

The remarkable function of this instrument is as follows,

1) The method used in this set is a scanning method.

And "Radial Beam Switching Tube" is effectively used with H. F. oscillator and phase shifter as a pulse generator with scanning frequency of 5 K.C., instead of the ordinal electronic switch, such as ring circuit.

The R. B. S. tube could make the circuit considerably simple.

2) In order to pick up selectively each individual channel, R. B. S. tube and input gate tubes are used, so that pulses generated at the plates of the R. B. S. tube serve to gate the gate tube in the sequence of 30μ sec interval, therefore, as the input signals are also connected to the gate tubes, the level of the pulses is controlled and varied by the respective input signals with sufficient dynamic lineality.

As the plates of each input gate are paralleled and connected to the common load, across which the time separated pulses are generated and are led to the vertical deflection plate of the cathode ray tube through the d. c. amplifier.

3) As each cathode bias of the input gates is so chosen that plate voltage is gradually decrease from channel 1 to channel 6, and each channel can be vertically separated on the oscilloscope.

4) For the time sweep, it was required that any desired short portion of the record can be observed on the oscilloscope with full scale. For this purpose, pulse counter serves as delay circuit to obtain proper time delay which is adjustable by pre-setting the number of pulses to be counted.

Start mark which is previously recorded on the tape for the purpose of self-starting of the paper drive motor, and time mark whose intervals are 10 m sec are used as a synchronize pulse and count pulse, respectively.

When counting is over, counter circuit generates a pre-set pulse, which causes the phantastron circuit to start the saw-tooth wave.

* 物理探査部

要 旨

磁気記録された地震波記録を，再生，分析する際，そのつど写真記録を求めて行く方法は，再生波器等の組合せが多いために，かなり煩雑な作業となる。この点を除くために，ブラウン管を用いた多現象の同時観測装置を試作したのでその概要を述べている。第3章において，原理的に全体の構成について述べ，第4章では各部についてやゝ詳しい説明を加えた。また最後の章では，この方式における今後の問題点について附言してある。方式は単素子のブラウン管による走査方式である。

主要構成部の概要は次の通りである。

1) 各現象の切換は，回路の簡素化を計るために通常用いられる ring circuit 等によらず，radial beam 型切換管を，発振器・位相器とともに用い，切換管負荷に時分割されて発生する pulse 群の各 level を，地震波入力で変調制御した。

2) これら時分割された各 pulse を，ブラウン管上で各 channel 別に弁別（垂直分離）するために，階段状波形発生回路をとくに設けないで，各入力 gate 回路の bias を階段上に変化する方法をとつた。

3) また地震探査の特殊な目的から，記録の全域および注目する任意の部分を，任意の時間幅で拡大し，観測しうる性能が要求されるので，このためには磁気テープを endless にして駆動し，start mark および刻時 mark をそれぞれ同期および被計数 pulse として利用した。すなわち任意の遅延時間を得るために，前者から起算して，あらかじめ prest された数の pulse を計数し，計数完了の瞬間に時間掃引を開始するようにした。

1. 緒 言

先に報告した磁気記録式地震探査機を用いて，広帯域に記録された地震波を再生し，周波数分析，あるいは反射波を検出しようとする場合，濾波器(filter)その他の測定条件の組合せが非常に多いので，それらの全部について，そのつど電磁型 oscillograph により写真記録を求めることは，かなり煩雑で時間を要する作業である。このため，現象作業等を要せず，迅速に再生波形を直接監視できる装置が要求され，この目的からブラウン管走査方式による多現象の観測装置を試作した[註1]。

ブラウン管による多現象の測定装置については，従来いくつかの方法[註2]について多くの研究者が試みているが，現象数においてその多くが 2～4 程度なので，いまの目的には向かない。また後記のように，地震探査用としての特種な要求からも，一般のものに較べてやゝ特色ある独自な設計を必要とした。

類似な研究に G. M. Groenendyke および G. E. Loper 等によるものがあるが，切換回路，計数回路等において，やゝ複雑なようである。

筆者らは，電子 beam 切換管および放電計数管を利用することにより，回路の簡素化を計つた。また同期および時間掃引部における特殊な回路――この回路により記録上のとくに注目する任意の時間範囲（例えば反射の到着している附近）を拡大して観測することができる――を調整することにより，地震波以外の一般低周波波形の同時測定にも利用できる。

以下装置についてその概要を述べる。なおこの試作にあたつては，神戸工業 K.K. 寺畑技術部長，鈴木隆夫氏らの協力に負うところが大きい。こゝに改めて謝意を表する。

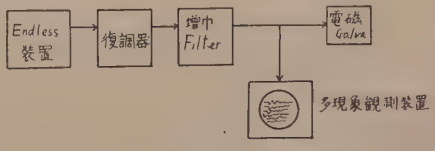
なお物探部中条純輔・南雲昭三郎両氏には有益な意見を出して戴き，また駒井二郎氏には実験に応援していただいた。

2. 設計の基本方針

1. 入力 level

記録再生の構成は，第1図に示すように記録された磁気テープを，endless にして復調，増幅後本装置の入力に加えられる。

1回転の現象継続時間は最高6秒とし，入力 level の変化範囲は 0.1～10 V とする。



第1図 地震波の再生装置

2. 周波数範囲および分解能

地震波の周波数範囲は，0～200 cycle とし，これに対

註1) ブラウン管以外に，直接波形を記録する方法としては，pen-oscillograph による方法も考えられるが，測定可能な周波数範囲が狭い。また周波数特性を補償しえたとしても，監視装置として用いる限り，その操作の迅速性および振動，加速度の影響を全く受けない点でブラウン管方式の方が特策である。

註2) ブラウン管方式による多現象測定装置としては，大別して次のように分類できる。
(1) 多くの電子銃 (electric gun) を同一管内に封入した型式のもの。
(2) 電子流を分割して多現象螢光面上に得る型式のもの。
(3) 走査回路により同一の電子銃から得られる電子流を切換える型式のもの。本装置はこのうち (3) の型式に属する。

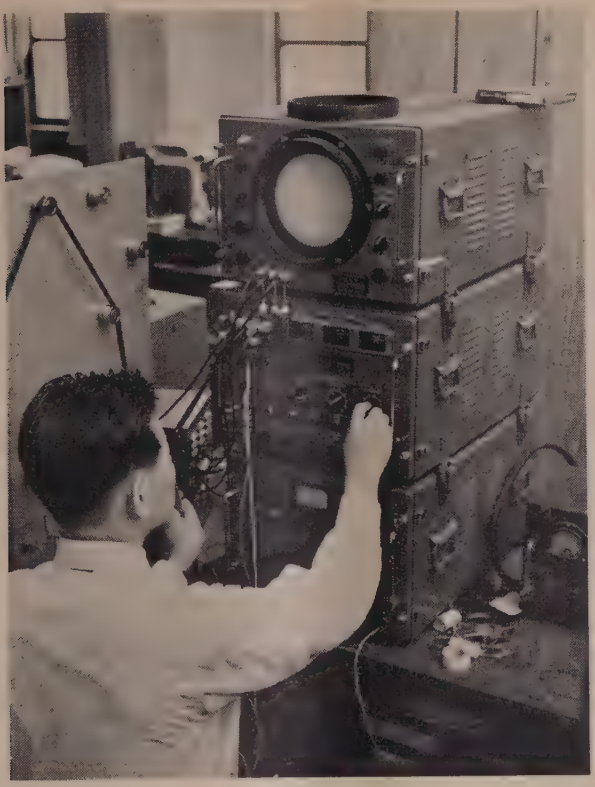


図　版　1

して歪がなく，かつ最高周波数に対しても走査により波形を充分分解しうること（走査周波数から決定される分解能および総合周波数特性に関するもの）。

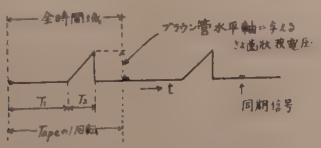
3.　現象数

現象数を一応6現象とし，使用ブラウン管は普通の単電子銃型 (single electric gun type) のものを使用することを前提とする。

4.　観測時間域

記録上の観測範囲は，全時間域のほかに，目的により注目する特定の波形(初動，表面波，反射波等)を任意の時間幅をもつて連続的に拡大することが可能であること。

このことは時間掃引に関係し，記録の始めから起算して掃引を開始するまでの時間を T_1，きよ歯状波の幅を T_2 とすれば，T_1, T_2 とも 0～6 sec の範囲で連続的に可変であれば，上の要求が満たされる(第2図)。



第2図　間欠的きよ歯状波

5.　ブラウン管の残光性

現象継続時間の最大値(6秒)においても，螢光面上の波形のチラツキを極力少なくすること。

(ブラウン管の残光性に関するもので，螢光面上のある一点が，最初の電子 beam で衝撃を受けてから，次の電子 beam が到来するまでの時間に，最初の衝撃の瞬間における輝度の何%程度に残光性を選ぶかにより定まる。この量が過大であると，波形が重なつて正しい明るさを示さず，過小であればチラツキを感じる。)

3.　装置の概要

測定の基本的な考え方としては，現象周波数に較べて，充分高い繰返し周波数の pulse を現象の数だけ発生させ，この pulse level を現象入力によつて制御する方法によつた。したがつて多現象を pulse する基本的な回路としては，

a.　pulse 発生回路

b.　入力 gate 回路

c.　pulse の垂直分離回路

からなる。

a は一定振幅の現象数に対応した pulse を周期的に発生する回路であり，b はこれらの pulse level を入力信

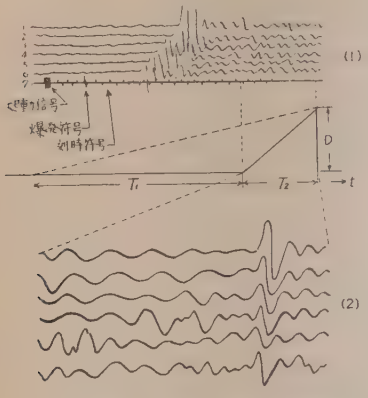
号に応じて制御する回路，c はブラウン管上で各 pulse を垂直的に変位を与えて，各 channel を分離するために必要な回路である。

また地震探査の目的から全時間域および注目する任意の時間域を拡大するために必要な水平掃引を与えるための基本回路としては，

a. 掃引電圧発生回路

b. 同期および遅延回路

からなる。

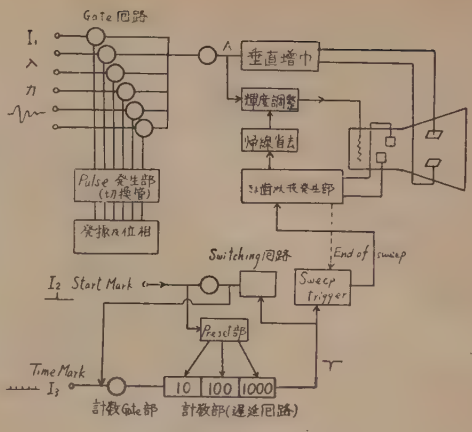


第 3 図 間欠的きよ歯状波と再生波形の関係
(T_1, T_2 観測時間域がきよ歯状波の尖頭電圧 D から，ブラウン管上の水平長さが定まる)
(1) 点線のきよ歯状波による全時間域の再生
(2) 小範囲の拡大再生

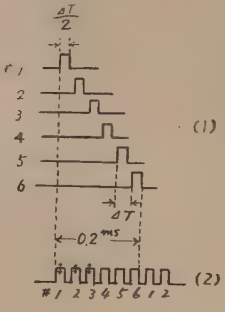
磁気記録テープには第 3 図に示すように，6 trace の地震波記録のほかに，爆発符号，刻時符号（10 ms）および起動用の信号が記録されており，これを一記録ごとに endless にして再生する。水平軸の同期には，この起動用の信号を整形して利用することにした。また短かい時間域を拡大観測するに必要な，間欠的な掃引波形（第 2 図）を得るためには，起動信号から起算して任意の遅延時間 T_1 を与えるとともに，きよ歯状波発生回路の時定数 T_2 を可変とした任意の遅延時間を求める場合，前記の刻時符号が有効に利用できる。すなわち，3 桁の計数回路でこの符号を計数し，計数完了とともに，その出力に現われる pulse を利用して，きよ歯状波発生回路を起動する方法を採つた。この場合，計数回路を強制的に任意の数だけ pre-set——すでにN個の pulse を計数した状態——にしておけば，遅延時間は $(1000-N)\times 10$ m/sec となり，Nを変化することにより，任意に変化することができる。

次に第 4 図についてその概要を述べる。

pulse の発生部，切換管の 6 個の陽極負荷から時分割された pulse が第 5 図(1)のように得られる。各 channel ごとに発生する pulse の時間差 ΔT は走査周波数に



第 4 図 装 置 の 系 統 図



第 5 図 (1) 切換管出力 pulse
(2) gate 管出力 pulse (no bias)
(3) gate 〃 (階段状 bias)

より定まり，これはまた測定可能な限界周波数，すなわち分解能を決める要素となり，この値を 5 K.C. に選んだ。

したがつて

$$\Delta T=\frac{1}{5\times 6\times 103}\fallingdotseq 33\times 10^{-6}\ \text{sec}=33\ \mu\text{s}$$

各 channel pulse 幅は $33/2=16\ \mu$s となる。

これらの pulse をそれぞれ 6 個の gate 回路に順次に加えて pulse が与えられた瞬間だけ gate を開いて増幅作用をするように選んでおく。

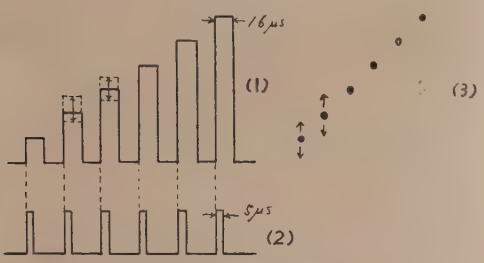
一方入力の地震波は，それぞれ gate 回路に加えられているので，前記 pulse により gate の開いている瞬間だけ，入力地震波は増幅され，各 gate 回路の出力にはそれぞれの入力 level に応じて高さの変化した pulse が現われる。したがつて，いま gate 回路の陽極を並列に

接続すれば，第5図(2) のような pulse 群が得られる。

しかしこのままでは各 channel を弁別することができない。そこで各 gate 回路において，それぞれ bias を順次階段状に変えておけば，その出力側にも第5図(3) のような平均 level の順次異なつた pulse 群が得られるので，ブラウン管上で位置的に変位を与えることができる。

この電圧を垂直増幅器(直流増幅器)で増幅して，ブラウン管の垂直偏向板に加える。しかしこのまゝではまだ見合が悪い。それはわれわれが観測したい地震波入力を，直接表示するものは，各 pulse level の変化，すなわち各 pulse の頂点部分の高さの変化であるから，これ以外の立上り立下り部分が映像として現われることは，contrast を低下して，波形の識別に有害であり，消去する必要があるからである。

そこで，信号 pulse の一部を輝度変調回路を導き (第4図A点)，信号 pulse と同期した第6図のような正の輝



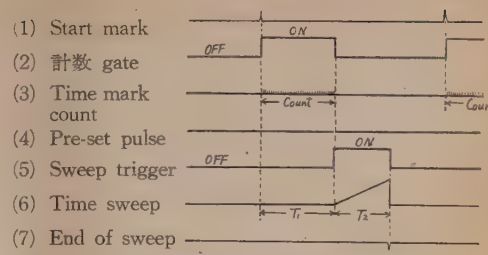
第6図　輝度変調 pulse
(1) 信号 pulse
(2) 輝度変調 pulse
(3) Blanking したときのブラウン管の Spot

度変調 pulse を得て，これをブラウン管 grid に与える。ブラウン管は正の輝度変調 pulse が，grid に加えられたときのみ充分な輝度を生ずるように，あらかじめ負 bias を調整しておけば，第6図(3) のような6個の輝点を螢光面上に得られる。このようにして，6個の輝度がそれぞれの入力地震波の level に応じて上下運動をするので，あとはこれを水平方向に上記のような方式に従つて掃引すれば波形が現われる。

水平軸印加電圧

endless 装置により磁気テープの1回転ごとに，起動用 pulse が switching 回路に加えられる。この switching 回路は，いうまでもなく on か off の2つの安定状態のうちいずれかをとるが，必ず起動用 pulse の到来と同時に計数 gate 回路を開く方向に働くように，極性を定めておく。

一方刻時符号入力部は，この計数 gate を経て計数回路(遅刻回路)に導かれているので，結局記録の始めの起



第7図　計数回路およびきよ歯状波発生回路における各部の波形

動用 pulse が到来すると同時計数回路は刻時符号を数え始める(第7図)。

あらかじめ pre-set した数を計数し終れば，計数回路出力に1個の pulse (pre-set pulse) が現われる。これを sweep trigger 回路に加える。

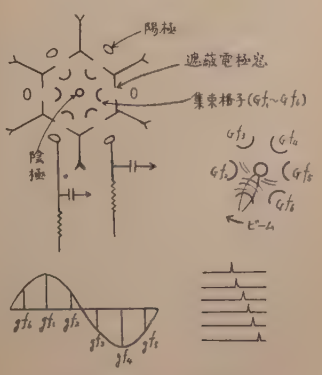
sweep trigger は，pre-set pulse により必ずきよ歯状波発生回路を起動する方向に働くように選んであるので，第7図のように起動用 pulse により T_1 だけ遅れて掃引が開始される。

pre-set の数は1から1,000まで可変である。したがつて T_1 は 10 ms～10 sec の範囲で可変である。

掃引時間 (T_2) は，きよ歯状波発生回路の時定数から定まり，0～5 sec の範囲で可変である。

したがつて T_1,T_2 を適当に選べば，任意の注目する部分 (T_1 で定まる) を，任意の範囲 (T_2 で定まる) で拡大することができる。当然 pre-set の数 (T_1) を最小 (10ms)，掃引時間 (T_2) を現象の繰返し時間に選べば，記録の全域が観測できる。

掃引を一度完了した後も，引続いて sweep trigger が on の状態 (きよ歯状波発生回路が起動しうる状態) を保つていると，連続的に(間欠的でなく)掃引を繰返す結果になるので，きよ歯状波の立下りの部分に発生する開放逆電圧 (end of pulse) を利用して，sweep trigger を off の状態に引きもどしている。



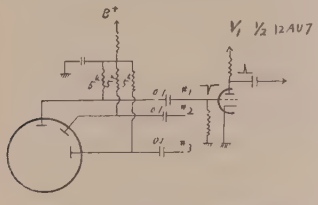
第8図　Beam 切換管

また pre-set pulse の一部は，switching 回路に加えられて，計数完了と同時にこの回路をふたゝび逆転させ，gate 回路を閉じる作用をしている。これは掃引開始後も引続いて gate が開いた状態にあると，なお計数を続けるので，同期をくずす結果になるからである。

4. 各部の構成

4.1 走査回路

走査には，前記のように radial beam 型切換管を使用した。第 8 図はこの切換管の内部構造を示す。5 kc の発振器出力から CR 移相器によりそれぞれ 60° ずつ移相の

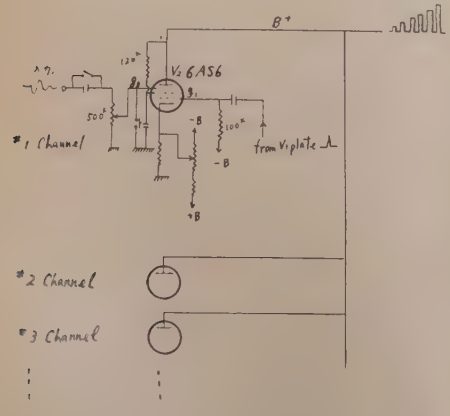


第 9 図 発生 pulse の増幅回路

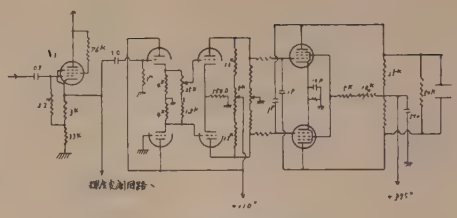
ずれた正弦波電圧をとりだし，これを図の集束格子に加えれば，この電圧は正弦波的に変化するので，いわゆる回転電界を生じ，電子 beam も回転する。この際電子 beam は集束格子と遮蔽格子とで形成される電子 lens により，さらに集束されて各陽極に達するので，その出力は図のように等間隔の pulse 信号となる。この出力は，このまゝでは gate 回路を動作するのに充分でないので，第 9 図のように V_1 により増幅する。V_1 は同時に pulse 極性を反転する作用も兼ねている。

4.2 入力 gate および垂直増幅回路

走査回路 V_1 の陽極負荷から得られた。positive pulse は，入力 gate (6 A S 6) の制御格子に与えられる (第 10 図 V_2)。V_2 は負電圧により常時 cut off の状態にあり，



第 10 図 入力 gate 回路



第 11 図 垂直増幅回路

走査回路 V_1 からの正の pulse の到来する瞬時だけ導通状態になる。

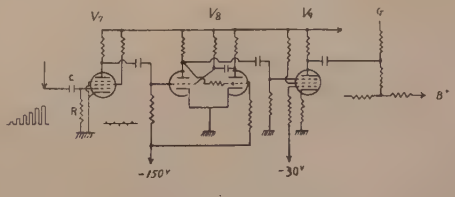
V_2 の抑制格子 G_3 は，入力回路に接続されているので，各陽極回路にはそれぞれの入力地震波信号の level に応じて，高さの変化した pulse が，順次遅れて生じる。したがつて各 gate tube の bias を順次階段状に変えて，各陽極を全部並列に接続すれば，beam の回転に応じて時分割され，かつ bias により各 channel が垂直に分離された pulse が図中に示す通り得られる。

これを第 11 図に示す垂直増幅回路に導き，V_4 により移相反転を行ない，同時に直流分の平衡を保つて V_5,V_6 で直流増幅を行なう。V_6 の出力電圧は，直接ブラウン管の垂直偏向板に印加する。

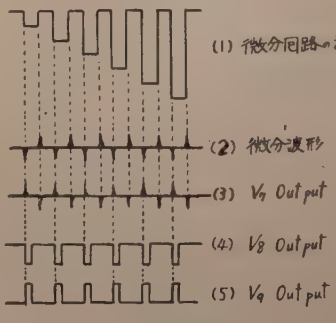
この増幅回路の周波数特性は，かなり広帯域のものが要求される。

4.3 輝度変調回路

第 11 図 V_3 の cathode 端に生じる階段状 pulse 出力の一部が，この回路に導かれる (第 12 図)。この波形 (第 13 図の (1) は，増幅管 V_7 の入力側にある微分回路 (CR)



第 12 図 輝度変調回路



第 13 図

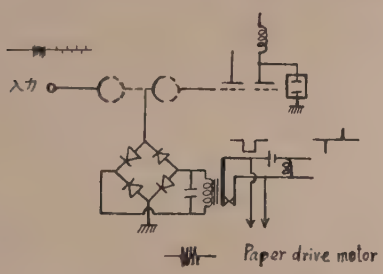
によつて微分され (第 13 図の (2)，さらに V_7 で増幅された後 (第 13 図の (3)，V_8 で形成される単安定型 multivibrator を駆動する。その結果 V_8 の陽極負荷に出力として現われる負 pulse の幅は，映像の尖鋭度を定めるもので，V_8 の回路定数から一義的に定まる。これを図のように選ぶと約 5 μ sec となり，この程度の値が適当のようである。

この pulse を V_9 により増幅し，同時に移相を反転して (正の pulse にして) ブラウン管の grid に加える。この時の電圧は尖頭値で 60 V 程度である。ブラウン管は常時 cut off の状態に保ち，この正 pulse 電圧が印加されたときのみ映像の現われるように bias を選んでおく。

4.4　起動用 pulse 入力部および計数 gate 部

起動用 pulse は，第 2 図に示すように，刻時用の信号と同じ channel に記録されているので，これを同期用の信号として利用するためには，これらを分離する必要があり，次のような方法を用いた。

この信号は，本来再生の際記録の始まり附近で電磁 oscillograph の記録紙用電動機を自動的に起動するため

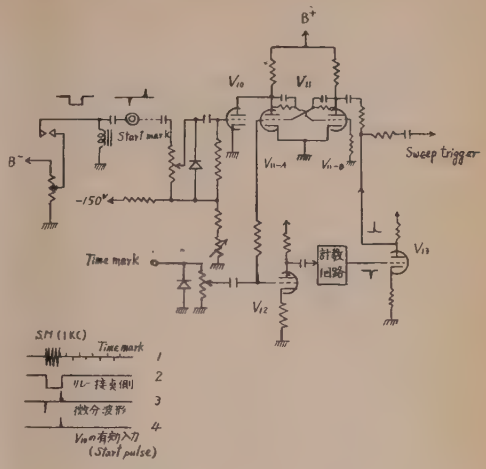


第 14 図　起動用 pulse の分離

に，記録時にテープの始動と同時に挿入されるものであり，第 14 図のように，増幅回路の途中からとりだして両波整流し，継電器 coil を励磁すると接点側から起動用の信号のみを取りだすことができる。

この場合，刻時信号も同時にこの整流回路に加えられるが，平均出力が小さいので，継電器を働作させるに充分な励磁電流を与えない。この信号を微分して得られる正負 2 個の pulse のうち，後に現われる正 pulse のみが計数 gate の開閉に有効なものとするために，第 15 図の V_{10} の入力側で負 pulse を bipass する。V_{10} の出力 pulse は V_{11} で形成される双安定型 multivibrator に加えられ，これにより安定状態を反転して $V_{11\text{-}A}$ の grid を低電位から高電位に移行させる。

この部分は V_{12} (gate tube) の grid に接続しているので，その結果は V_{12} の bias を正方向に上昇することになり，cut off の状態から増幅作用を呈する状態に移行する。すなわち起動用 pulse の到来と同時に，gate



第 15 図　起動 pulse，計数 gate 回路および sweep trigger 回路

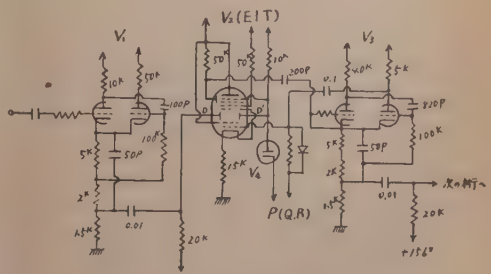
V_{12} が開かれる。一方 V_{12} の grid には，絶えず刻時符号が加えられているので，gate が開かれている期間のみ，この信号は増幅されて計数部に加えられ，それ以外の期間は計数部から遮断されている。計数を完了すると同時に，計数回路の出力に生ずる pre-set pulse の出力の一部は，ふたゝび V_{11} に加えられ，この部分をまた始めの安定状態に反転させる。

4.5　計数回路

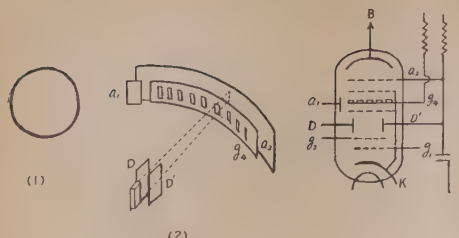
第 16 図にこの部分の回路図を示す。第 15 図の gate 管 V_{12} が開かれると同時に，この回路に流入する 10 m/sec の刻時信号はまず V_1 で pulse 幅 30 μ/sec, peak 電圧 20 V の正 pulse に整形され，計数管 E1T (V_2) の偏向板 D に加えられ計数させる。

この計数回路は，pre-set 部分を除いては，通常用いられている回路方式であるが，簡単な説明を加えておく。第 17 図 E1T の内部構造で，その作用は原理的にはブラウン管と同じである。

すなわち縦に細長く集束されたリボン状の電子 beam は，計数しようとする正の外部 pulse を偏向板 D に与えることにより，水平に静電偏向されるが，その間に beam



第 16 図　計数回路



第 17 図 E1T の内部構造

の安定位置が 10 カ所あつて，pulse が到来するごとに順次初めの安定点(0 に相当)から次の安定点に移動するようになつている。

このような安定点は第 17 図(2)に示すように，陽極板 a_2 の前方の 10 個の窓を有する一種の slot に，電極 g_4 から，Dに対向する偏向板 D′ に，一種の負帰還が行なわれる結果得られる。

いずれかの安定状態にある beam は，電極の窓を通り抜け，さらに陽極 a_2 の対応する窓を通り抜けてガラス面の螢光膜に輝点を与え，あらかじめ印された数字を明示する。

10 個の pulse により，beam が最終の安定位置 (9) から次に移動すると beam は beam 複帰用電極 a_1 にあたり，次の単安定型 multivibrator V_3 (第 16 図) を動作する。V_3 の cathode 出力は，次の段(2 桁目の E1T の偏向板に接続されているので，前と同様に 0 位置から 1 の位置に beam を移動して 10 を指示する。同時に V_3 の反転に際して発生する負 pulse を V_2 の g_1 に帰還して，1 桁目の beam を 0 位置に戻す。以上のように順次到来 pulse の数に応じて計数を続けるわけであるが，上記の beam が移動するかしないかは，実際には入力 pulse の波形によつて定まり (例えば陽極容量その他の浮遊容量と陽極負荷抵抗とで定められる時定数に較べて，緩漫な立上り時間を持つ入力 pulse では，負帰還作用のために beam は移動しない)，結論的に，第 18 図に示すような入力波形が要求される。

極言すれば，V_1,V_3 等はこのような波形を発生させるために必要なのである。

最初の入力 pulse が到来する前に，各段の右側偏向板 D′ に，あらかじめ負の電圧を与えておけば——これは左側偏向板Dに正電圧が与えられると等価なので——beam は電圧値に応じた位置にすでに移動した状態にあるので，入力 pulse が印加されると，この位置から起算して計数を開始する。すなわち記録の始めから 3.7 sec を経過した部分の波形を観測する場合には 3.7 sec/10×10^{-3}sec=370 個目の pulse で掃引を開始すればよいので 1,000−370=630 個の pulse をすでに計数した状態にこの部分があればよい。したがつて各桁に対応する各段にそれぞれ 0.3 および 7 の beam shift を与えるように，あらかじめ D′ の電圧を選べばよい。

第 18 図 E1T の入力波形
13.6 V±18%，立上り時間 0.7μs 以下，
立下り時間 7μs 以上 30 kc

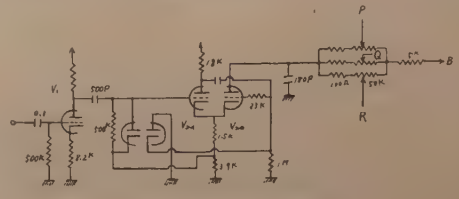
第 16 図の各 E1T の D′ に接続している 2 極管 V_4 等は，この目的から挿入されたもので，それぞれの cathod P.Q.R に任意の負の pres-et 電圧を与えることにより，それぞれ陽極電流が制御され，したがつて D′ の電圧が変化する。この負電圧(pre-set 電圧)は，後記の pre-set 回路により得られる。

このようにあらかじめ pre-set した数を計数し終ると(1,000 個を数え終つて 0.0.0 に戻ると)最終段の E1T cathod から負の pulse を発生するので，これを V_{13}(第 15 図) で増幅し，同時に位相を反転して sweep trigger 回路を制御する。また前記のように，この正 pulse は同時に gate 部に動作して gate を遮断状態に移行させる。

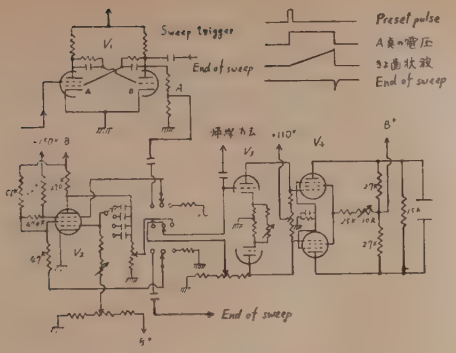
4.6 pre-set 回路

計数回路 E1T の左側偏向板 D′ に，任意の負電圧を計数前に与えれば，前記のように電圧値に応じた安定位置に，beam は移動して pre-set された状態になるか，この状態は起動用 pulse の直後に保たれ，かつ負電圧は最初の被計数 pulse の到来直前に開放されねばならない。何となれば，負電圧が常時加えられていると，両偏向板間の直流電圧が，正規の値 (156 V) から逸脱し，正しい計数指示を乱す結果になるからである (この値はかなり厳密な精度が要求されている)。換言すれば，pre-set するためにはテープの回転に同期し，計数前のきわめて短い期間，電圧値が可変の負 pulse を発生して偏向板に加える必要がある。

第 19 図がこの回路で，同期用の pulse をまず V_1 で増幅し，単安定型 multivibrator V_2 を動作する。$V_{2\text{-}B}$ は起動用 pulse が印加される前は cut off の状態にあり，したがつて P.Q.R 点は，B電圧と同じ高電位を保つているが，起動用 pulse が到来すると，V_2 の回路素子で定まる期間だけ $V_{2\text{-}B}$ を導通状態にして P.Q.R 点を低電位



第 19 図 pre-set 回路



第 20 図　Sweep trigger 回路および掃引発生回路

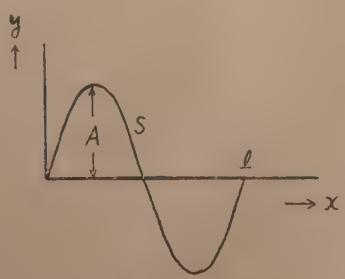
に追込む。P.Q.R 点は，それぞれ独立した可変抵抗になつているので，あらかじめ各電圧に応じた各桁の E1T 指示値を目盛つておけばよい。

4.7 sweep trigger 回路および掃引発生回路

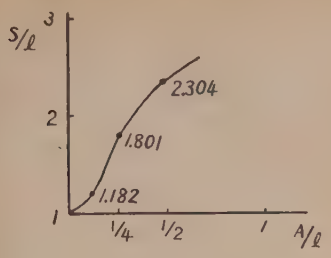
計数回路で任意の数を数え終ると同時に，水平軸の sweep を開始しなければならないが，計数回路の出力に現われるものは1個の pulse だけであるから，直接掃引発生回路を馳動することはできない。したがつて trigger 回路が必要になつてくる。第 20 図 V_1 で形成される双安定型 multivibrator がこの部分で，その出力 A 点は，常時掃引発生部 V_2 の抑制 grid を低電位に保つて ($V_{1\text{-}B}$ が on の状態) 起動しえない状態にあるが，pre-set pulse が到来すると同時に V_1 を反転して，A 点を高電位 ($V_{1\text{-}B}$ が off の状態) にする。

したがつて V_2 はその回路素子で定まる時定数に従つて sweep を開始する。

掃引発生部の時定数は，観測しようとする地震波形の時間幅を規定するものである。また発生するきよ歯状波の最大値は，ブラウン管上水平方向の長さに対応するものであるから，この値を一定に選ぶとすれば (すなわち時間幅の大小にかゝわらず，常にブラウン管上で水平方向一杯に観測するようにすれば)，この値は波形の拡大率を決めることになる。したがつてこの時間幅は広範囲，かつ連続的に変化しうることが望ましい。この意味から発



第　21　図



第　22　図

生回路には phantastron 回路 註3) を使用し，時間幅は 0.001～5 sec の範囲で可変にした。こゝで発生したきよ歯状波は，V_3 により位相反転を行ない，V_4 により push pull 直流増幅をしたうえ，ブラウン管垂直軸に直接印加する。

初めに記したように，とくに注目するある範囲の地震波形を拡大して観測するためには，tape の1回転に対して1回の間欠的な掃引をすることが必要である。このようなきよ歯状波を得るためには，1回の sweep が終り，次の pre-set pulse が到来するまで，発生回路が起動しえない状態を保つ必要がある。このため掃引が終了する際に V_2 第2 grid に発生する開放逆電圧をとりだして V に加える。

5. 結　語

以上で装置の概要を報告したが，使用上の要求は，おおむね満足している。しかし細部については，なお下記のような改良の余地も残されているので，さらに検討が進められている。

(1) channel の数

今回は一応 6 channel のものを試作したが，将来はさらに増加する必要がある。この点について切換管を2個用いて各発生 pulse を重畳する方法も考えられ，しかしさらに channel を増せば切換管の分解能に関係する構造的な問題や，pulse 取扱技術上の問題等諸種の制約から，当然この方式にも限度があると思われる。

(2) 地震波到達時刻の補正回路

地震波の到達時刻を 1～20 ms 程度の範囲で任意に調整し，かつ指示することができれば，表土補正 move out time の補正等が可能になり，反射波の検出にもかなり有効なものとなろう。

註3)　一種の弛張振動回路で，陽極―格子間の容量によつて帰還を与え，ミラー効果を利用してきよ歯状波を発生する回路である。比較的直線性の良好な波形を発生する

文 献

1) Groenendyke, G. M.: Cathode Ray Display of Seismic Recordings, Electronics, 1955
2) 木下幸次郎：パルス及び開閉回路，電子工学講座，12 A, 1956
3) 川上正光：最近のパルス回路とその応用，共立全書，128, 1957
4) 大脇子：ビーム切換管，電気通信学会誌，Vol. 35, No. 8, 1952
5) 寺畑重夫：電子計数装置とその応用，エレクトロニシアン，Vol. 4, No. 1, 1955

550.83 : 553.43/.44(521.13)

宮城県細倉鉱山における自然電位分布姿態の研究

柴藤喜平*

Studies of the Spontaneous-Polarization Method at the Hosokura Mine, Miyagi Prefecture

by

Kihei Shibatō

Abstract

The writer carried out the field study of the Spontaneous-polarization Potential at the Hosokura zinc, galena, copper vein in September 1956.

On the surface :

He drilled five vertical borings (about 10m in depth) at the anomalous zone on the surface and carried out the SP-logging in them. And from the above-stated data, he could presume the vertical potential distribution on the near surface.

In the drifts :

He studied the distribution of anomalous Spontaneous-polarization Potential crossing each vein at the walls and in the horizontal holes of the drifts. He could not find a distinct connection between the Spontaneous-polarization Potential and wall rock alteration.

Lastly the writer studied some experiments concerning the contact potential between electrode and minerals or rocks on the walls of the drifts. And he found that the measured result shows solution potential surrounding ore body but not ore body itself.

要　旨

自然電位法の結果，鉛・亜鉛・銅の鉱脈を発見したといわれている，細倉鉱山の鹿の子地区において，その鉱脈を対象として，坑内外から自然電位の分布姿態の研究を行なつた。

鹿の子地区の地質・鉱床は，第三紀中新世に属する変朽安山岩の裂罅に沿つて併入した浅熱水性の鉱脈で，地表附近の岩石は，同時代の緑色凝灰岩に移り変わつている。

研究は，地表からは再度自然電位法を行ない，前回の結果と比較し，自然電位分布の変化状態を研究した。次にその負電位地帯を横断するように，Packsack により深度約 10 m の垂直ボーリングを５本行ない，自然電位検層を行なつた。

その結果から，地表附近の自然電位の立体分布姿態を推定した。

坑内においては，立入坑道に沿つて，または坑内ボーリングにより，主要鉱脈を横切つて，自然電位の測定を行ない，鉱脈附近の母岩の変質と自然電位の変化状態との関連性等につき研究した結果，母岩の種類，変質と，自然電位の異常との間には，明瞭な関係は認められないように思われた

最後に，坑内において硫酸銅電極を鉱体に直接押しあてて測定することの意味について研究した。その結果，これは鉱体をとりまく液体の電位を測定していることがわかつた。

1. 緒　言

本研究は，昭和 30 年宇久須鉱山において行なわれた「自然電位分布姿態の研究」に次いで第２年目にあたるもので，昭和 31 年９月初旬から中旬にかけて，宮城県の細倉鉱山において実施した。こゝにその結果を報告する。

細倉鉱山は，東北地方に最も多く存在し，かつわれわれがよく遭遇する第三紀緑色凝灰岩，および変朽安山岩を母岩とする銅・鉛・亜鉛鉱床の代表的なものの１つである。

このような型の鉱床に対し，自然電位の分布について研究を行なうことは，自然電位法の適用に際し，有意義

* 物理探査部

であると考えられる。

なお本研究に対し，物理探鉱技術協会の自然電位研究会は，深い関心をよせられ，共同的に研究を実施された。

本実験の実施に際しては，三菱鉱業本社ならびに細倉鉱業所の方々から多大の御支援を賜わつた。紙上をもつて厚く御礼申上げる次第である。

2. 位置および交通

本実験は宮城県栗原郡鶯沢町細倉鉱山鹿の子地区において行なつた。

交通は，東北本線石越駅から栗原鉄道に乗換え，終点の細倉駅にて下車すれば，徒歩約 10 分で本鉱業所に至る。

鹿の子地区は，本鉱業所の西方約 3 km の所にあたり，徒歩で約 1 時間，ジープで約 15 分を要する小高い山頂附近にある。

3. 地質および鉱床

本地域の地質鉱床に関しては，三菱鉱業株式会社細倉鉱業所において詳しく調査が行なわれている。その概略は次のようである。

細倉鉱山は，主として第三紀中新世に属するいわゆる緑色凝灰岩と，変質した安山岩(変朽安山岩)，およびこれらを覆つている鮮新世の石英安山岩質の凝灰岩・凝灰岩質砂岩からなり，これらが先第三紀の基盤上に不整合に広く分布している。

鉱床は，第三紀末期の火山活動の後火成作用として生成されたもので，前記変朽安山岩・緑色凝灰岩および石英粗面岩を母岩とする浅熱水性裂罅充塡鉱床である。

当山における鉱床の母岩の主体をなすものは変朽安山岩で，その産状，変質の程度は一様でない。鉱山ではこれを(変朽安山岩 I‥‥Pr_1；同 II‥‥Pr_2：同 III‥‥Pr_3)に分けてあつて，硬度も変質程度も元来次のように分類説明されている。

$$I > II > III$$

色は I は緑色，II は灰緑色，III は灰色であつて，近来 III は粘土化作用を受けたものを指していつている。

これらの変朽安山岩化作用のほかに，さらに明らかに鉱化作用の結果と考えられている珪化作用，および粘土化作用をも蒙つている。

今回，研究を行なつた鹿の子地区の地質は，地表附近はきわめて薄い緑色凝灰岩であるが，地下の鉱脈の存在する附近においては，変朽安山岩に変わつている。

鹿の子鉱は第 1 図のように，前鉱・本鉱・奥鉱の 3 本があつて，総延長約 600 m，深さ約 150 m，傾斜 70～80°E である。本鉱の脈勢はきわめて優勢で，前鉱・奥鉱はいくぶん劣り，奥鉱の端は，石英脈だけになつている。

鉱石鉱物は主として閃亜鉛鉱・方鉛鉱・黄鉄鉱であつて，その他黄鉄鉱・赤鉄鉱・白鉄鉱等がある。

脈石鉱物としては，石英・緑泥石・粘土鉱物(カオリン・モンモリロナイト・セリサイト)がおもで，ときに方解石もある。

脈の幅は平均して，本鉱 3 m 前後，前鉱および奥鉱 1～2 m 以下である。

4. 鹿の子地区の状況

鹿の子地区は，昭和 29 年 6 月に地表において，自然電位法が実施され，比較的顕著な自然電位の負異常が認められた。この結果によつて，この負異常の下部に向かつて坑道を掘進したところ，鉱体を発見することができた。

その後，第 1 図のように，下部から通洞坑・上 1 坑・上 2 坑・上 3 坑の各坑道が，レベル差 30 m をもつて鉱に沿つて掘さくされた(しかしまだその各坑道間の鉱石は，未採掘のままである)。地表の異常電位分布地帯における上 3 坑道までの深度は，約 60 m である。

また，坑道内からは，探鉱用横向き坑内ボーリングが多数掘られている。それらの関係位置は第 1 図に示す。

5. 自然電位法の研究

5.1 目 的

本研究は，東北地方の代表的鉱脈型鉱床に対し，鉱脈周辺および地表附近の自然電位の現象を究明し，自然電位法についての参考資料を得るために行なつたものである。実験は地表からと坑内からとに分け，地表においては鉱体上部の表層内自然電位の立体分布を推定し，それと岩質・変質および鉱体による電位との関連性を検討するために，坑内においては，鉱脈周辺の電位の変化状況，およびそれと母岩との関連性についての参考資料を得るために行なつたものである。

このほかに異種の電極等を用いて，1，2 の実験を行なつた。これは，坑内等において，われわれは，硫酸銅電極を鉱体に直接押しあてて，鉱体の上の電位を測定することが多い。したがつて，この測定電位がどのような意味をもつものであるかということについて，明らかにしたいという目的で行なつたものである。

5.2 研究方法および測定結果

5.2.1 地表からの研究方法

昭和 29 年 6 月に，鉱山当事者において，鹿の子地区の自然電位の測定が行なわれたが，その結果，異常が現

第1図 細倉鉱山鹿の子鉱床上部等電位線図

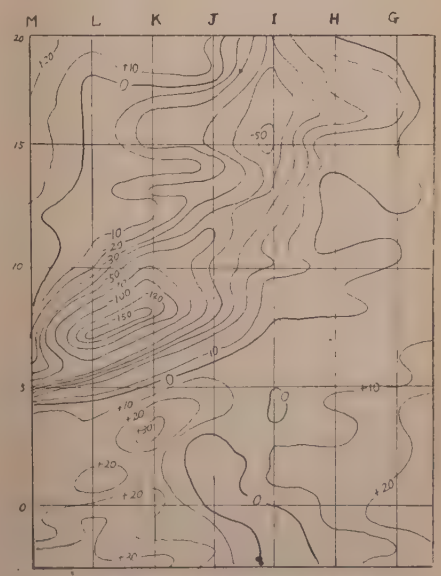
われた地域を再測定し，その異常を検討して，その異常区域に深度 10 m 程度のボーリング孔を数本掘さくし，その孔内の自然電位の検層を行ない，地表附近の立体電位分布を推定し，鉱体による電位および岩質・変質等との関連性を検討する。

5.2.2 地表からの測定結果（第1,2図比較参照）

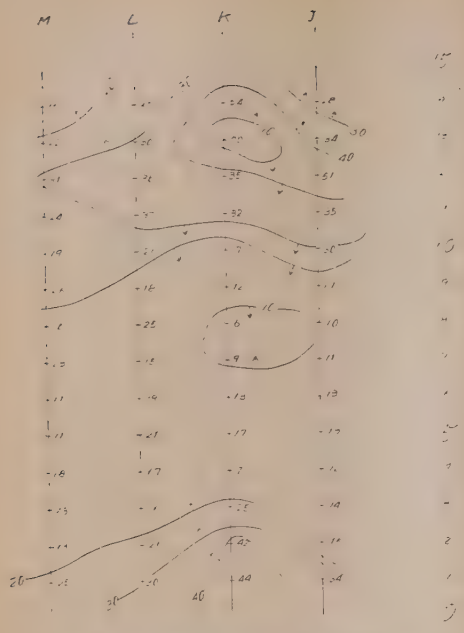
地表からの自然電位の測定結果を，昭和29年6月，鉱山当事者によつて行なわれたものと比較すると，第1図と第2図のようになる。すなわち，第1図は今回行なつた結果で，第2図は29年6月に行なつたものである。

これら両異常の関係を比較するとわかるように，異常の中心は大体において一致する。そして，ともにこれらの異常電位地帯は丁度鉱脈の傾斜方向における延長線と，地表との交わる附近に現われている。すなわち推定される露頭線上にくる。しかしながら，両異常値の大きさおよび異常地帯の広がりは大分異なり，今回の結果はいくぶん小さく，かつ狭くなつている。

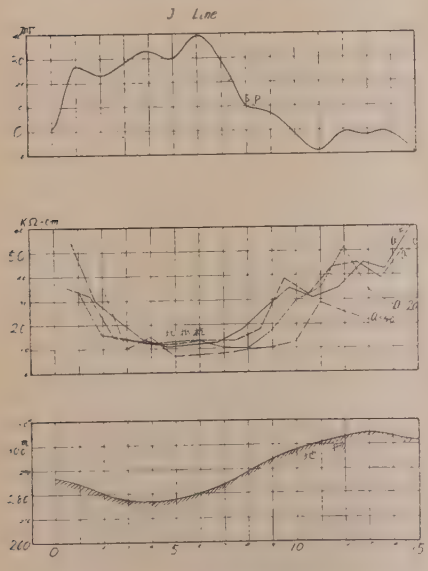
第3図は，同地域に比抵抗法（2極法 $a=5$ m, 10m,



第2図 自然電位等布図（昭和29年6月測定）

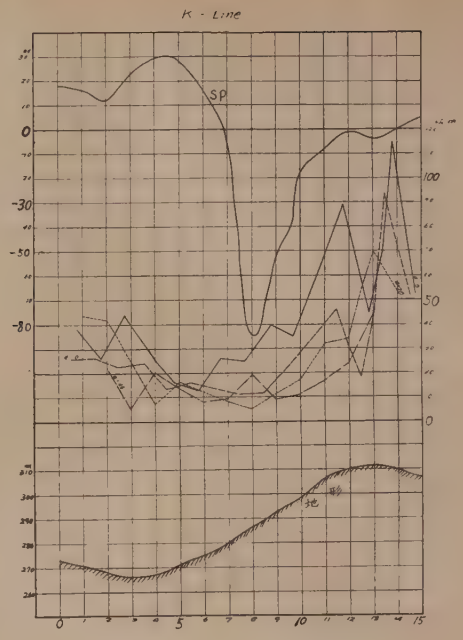


第 3 図 鹿の子地区比抵抗分布図 (2 極法 a=20 m)

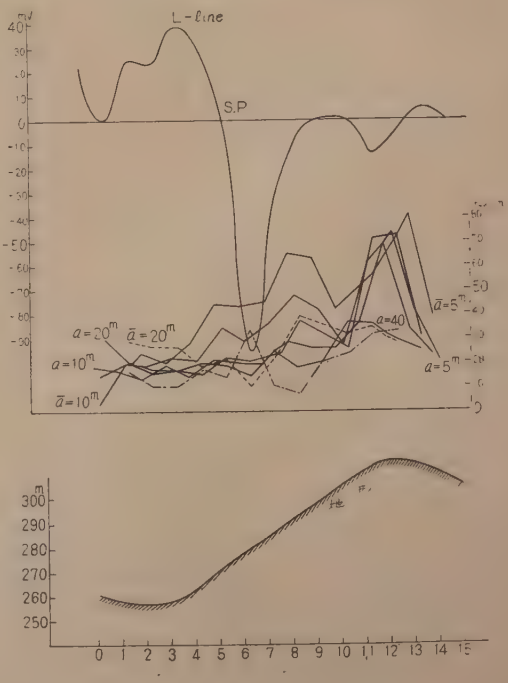


第 4 図 地形および測定結果断面図

20 m, 40 m) を行なつたもののうち, a=20 m の結果である。これらのいずれの結果も, 大体に第 3 図と同一傾向を示し, 地形の高い「M—12」~「J—13」にかけて高比抵抗が分布し, 沢附近に低比抵抗地帯があつて, 外見上は地形と関連があるようにみえる。また鉱脈の影響によると思われる比抵抗異常は, 顕著なものはなく, 見掛比抵抗断面図(第 4 ~ 7 図)において, 一部分に微弱な変



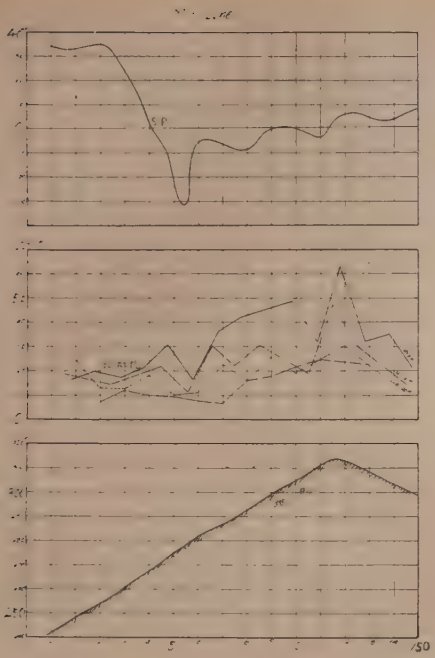
第 5 図 地形および測定結果断面図



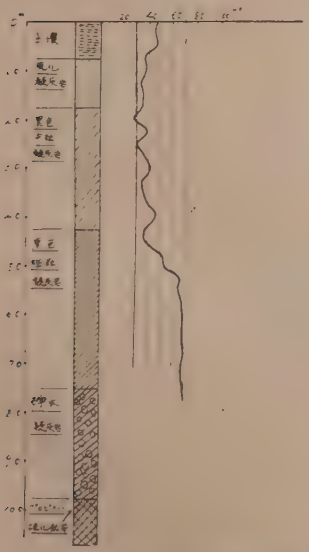
第 6 図 地形および測定結果断面図

化 (低比抵抗) が現われている程度である。今回測定した自然電位・比抵抗および地形の関係を第 4 ~ 7 図に示した。

次に, この結果から異常地帯を横断するように選んだ



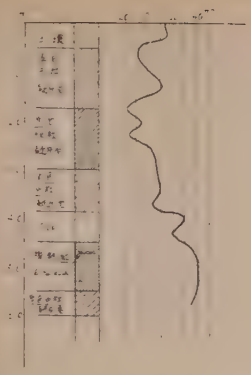
第 7 図　地形および自然電位結果断面図



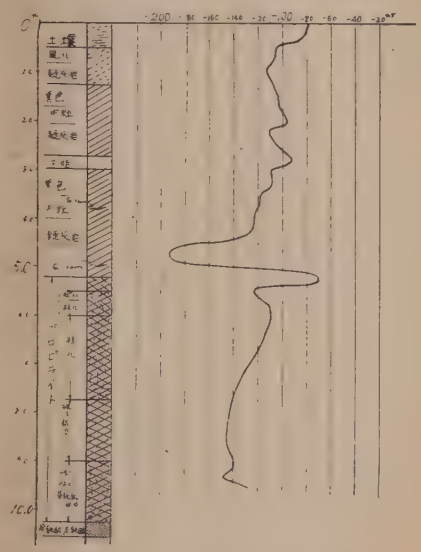
第 8 図　L-5 Bore Hole 内 SP-Logging

「L−5」「L−6」「L−7」「L−9」「L−11」の 5 点に，深さ 10 m 内外のボーリングを行なった．その孔内の自然電位測定を行なつた．その自然電位柱状図と地質柱状図との対比を第 8～12 図に示す．

これらの各電位柱状図を，各試錐孔の地質柱状図と比較検討すると，表層地質の差異による電位差は少ない。



第 9 図　L-6 Bore Hole 内 SP-Logging



第 10 図　L-7 Bore Hole 内 SP-Logging

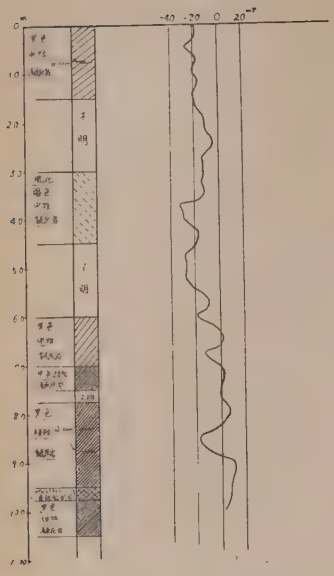
また鉱脈の真上に相当する「L−7」点を除いたほかは，深くなるにしたがつてすべて高電位の方へ移行していく傾向がある。

第 13 図は上述の自然電位柱状図と地形断面図との相対関係を示したもので，これらの自然電位柱状図の結果は，全体からみるときわめて浅い地表附近の電位分布を示しているにすぎない。しかしこれらの結果を総合してみると，大体第 10 図に点線で書いたような立体的等電位推定線を一応描くことができる。

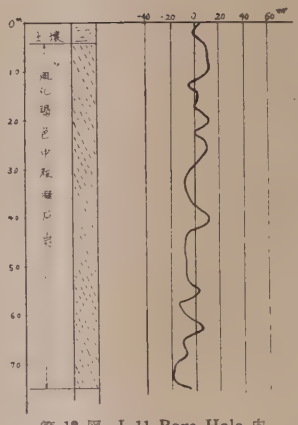
この推定線によれば，等電位線は山の頂上の方へは拡がりが大きいが，沢の方へは拡がりがきわめて小さいという様相を示している。

5.2.3　坑内における研究方法

第 1 図でわかるように，坑内では鬼の子本鉱に向かつて立入坑道が数本あり，また鎗押坑道からほゞ水平に探



第 11 図 L-9 Bore Hole 内 SP-Logging



第 12 図 L-11 Bore Hole 内 SP-Logging

り，母岩の変質と電位の関係，母岩の相違と電位等について研究することとした。

また鏈勢の弱い石英脈を横切つた天神立入坑道上での電位の変化状況等について，測定することにした。

5.2.4 坑内における測定結果

坑道壁の測定は，通洞坑地並と上I坑地並とにおいて，鹿の子本鏈を横切つている2本の立入坑道に沿つて行なつた。そのおのおのの関係位置は，第1図に示した。その結果は第14，15図に示したように，自然電位の負異常は，いずれの結果も鏈の両側において相当拡がつていることがわかる。また比抵抗法（4極法 a=1 m, 3 m, 9 m）の結果は，a=9 m の場合を除いては，ほとんど鉱脈の近くで比抵抗が降下している。

次に，探鉱用横向きボーリング孔で，電位を測定した結果と，地質柱状図との対比を第16，17図に示した。

この各ボーリングの関係位置は，第1図に示す通りである。

鉱用ボーリングが数本掘られているので，これらの立入坑道および探鉱用ボーリング孔を利用して電位を測定し，鏈の上における電位，鏈の両側における電位の拡が

第 13 図 L-線地形断面および自然電位柱状図

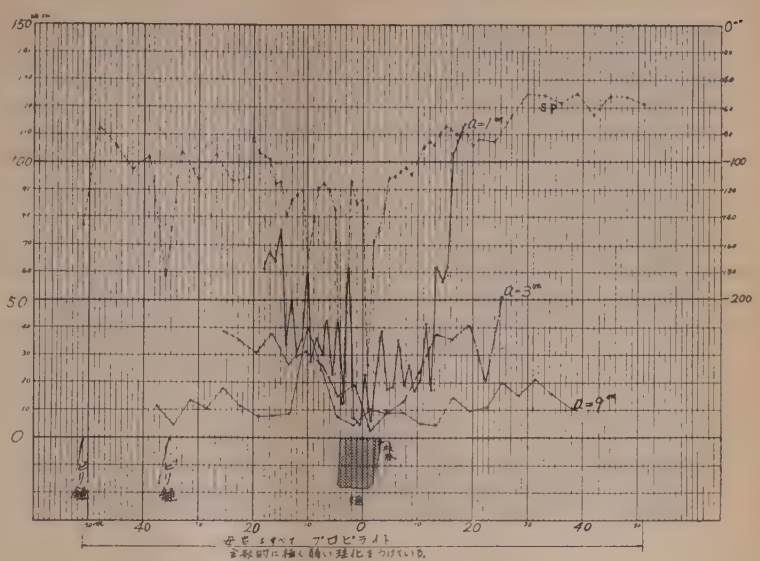
第16図は，No. 79 ボーリング孔内の結果で，第1図に示すような方向をもち，20 m で奥鏈にあたつている。この結果では奥鏈に近づくと 10 m 位前から電位が徐々に降下しているが，その間にある小さい脈によると思われる異常の幅は，きわめて狭い。すなわち大きい脈は，小さいものより遙かに広い範囲の異常帯を伴なうようである。

第17図は，No. 86 ボーリング孔内の結果で，第1図のような方向をもつている。この結果も脈のところで電位が降下している。この異常箇所を3回測定した結果，脈の両側における異常帯の拡がりの範囲が，毎回少しずつ喰違つている。

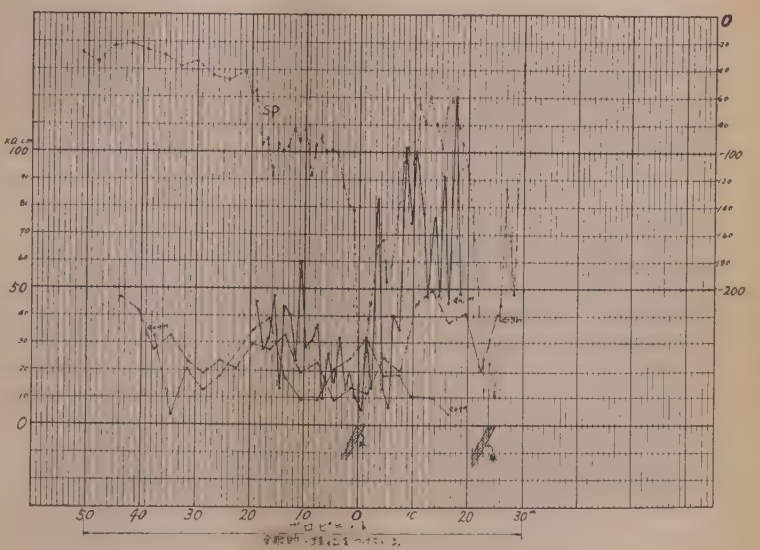
以上第16，17図を通じて，岩石の地質学的変質状態〔変朽安山岩化作用の程度 (Pr_1, Pr_2, Pr_3)粘土化作用・珪化作用〕と自然電位の異常との間に，明瞭な関係は認められないように思われる。

次に，(1) 鹿の子奥鏈の鏈先(ほとんど石英脈になつている)が，天神立入に交わる附近の天神立入坑道における電位変化および (2) 上3坑道に現われている変朽安山岩と凝灰岩とにおいて，岩石の差異に基づく電位変化の2つを知るために，これらの坑道壁の電位変化を測定した。これらの結果は第18図に示す通りで，そのうち(1)は鹿の子奥鏈の鏈先(ほとんど石英脈)が，天神立入坑道と交わる附近は，天神立入坑の No. 10～30 附近で顕著な異常は，現われなかつたが，いくぶん周囲より低電位になる傾向がみられた。(2) は上3坑道の No. 15 附近が，両岩石の境界に相当し，この附近においてはなんら電位の変化は認められない。むしろ，No. 20 附近に硫化鉄のピリ鏈による影響が顕著に現われた。

(3) は異種電極を用いての実験 (i) (ii) とその結果である。



第14図　通洞鹿の子本鏈向立入坑道における坑壁測定結果



第15図　上1坑鹿の子本鏈向立入坑道における坑壁測定結果

(i) 坑内において，われわれは硫酸銅電極を鉱石の上に直接押しつけて測定するが，鉱体の電位をメタリックに直接とりだしたら，どのような電位を示すかということを実験するために，第19図のように坑道の一断面において測点を設けて，尖つた鉛電極を移動極として，鏈を横切つて測定した(たゞし固定極は硫酸銅電極)。

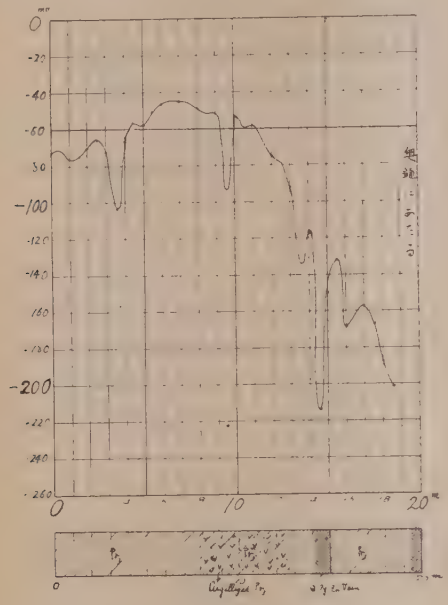
この結果は第20図の実験のようである。第20図において，電極を接着したところの岩石および鉱石の名称を次の記号で示した。

(変朽安山岩：P　方鉛鉱：Pb　黄銅鉱：chal Py　石

英：Qz　黄鉄鉱：Py　閃亜鉛鉱：Zn

これでみると，方鉛鉱・黄鉄鉱・黄銅鉱は変朽安山岩・石英・閃亜鉛鉱より高電位を示すことがわかる。

次に鉱石の電位をメタリックに直接とりださないときを比較するために，前述の鉛電極の周囲に布をまきつけ坑内水をつけて同測点を再測した。これは硫酸銅電極を押しつける場合と同じ意味になる。この結果は第 20 図の点線の通りで，実線のときに高電位を示した測点が，点線ではおのおの約 400～500 mV 降下している。



第 16 図　No. 79 上 1 鹿の子立入西向ボーリング内電位分布　差込み

(ii　次に鉱体に直接硫酸銅電極を接着した場合，硫酸銅溶液と鉱体との化学変化による影響を調べるために，鉱体と硫酸銅電極を，直接押しつけた場合と，鉱体と硫酸銅電極との間に，湿つた細長い繩を挟んで測定した場合とを比較検討した。

第 21 図はこの結果で，点線は硫酸銅電極を，直接鉱体または岩石につけた結果，実線は硫酸銅電極と鉱体との中間に湿つた繩を挟んで測定した結果で，1，2 カ所の例外はあるが，大体において両者は著しい電位差は示さなかつたようである。

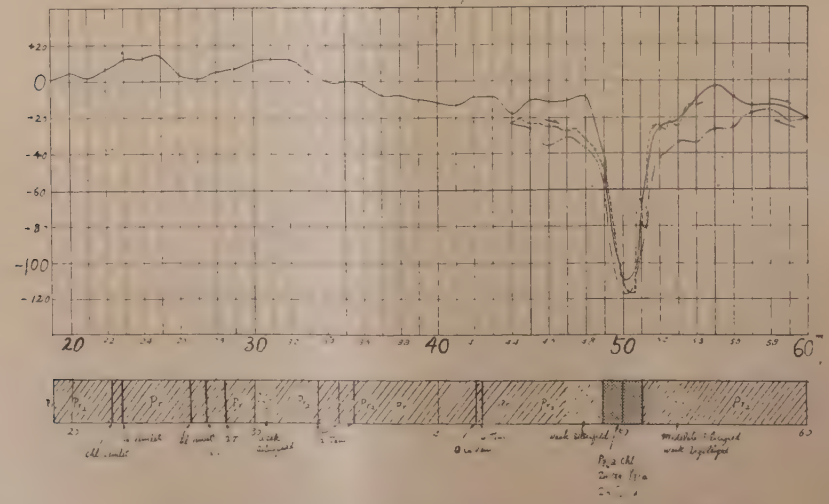
5.3　研究結果の考察

5.3.1　地表からの測定結果の考察

第 1 図で明らかなように，地表での自然電位分布の異常は，鉱脈に関係のあるものであることは論をまたないが，この異常が約 2 カ年の前後で，割合顕著に変化をきたしていることについては問題があり，確実な推定はできないが，まず第一に，2 カ年前後の相違として，鉱脈中に 4 レベルに坑道を掘さくした影響が大きいものと考えられる。またこのほかに，自然電位自身の時変化，日変化も考慮する必要があるように考えられる。その他表土の含水状態等の変化もいくぶん影響することも考えられる。

次に 5 本の試錐（垂直約 10 m）を，この負異常地帯を横切つて行なつた結果は，第 8～12 図の通りで，一応この結果からは，電位は鉱石または鉱染状態の分布とは関係があるが，凝灰岩の種類の相違および変質帯とは明らかな関係は認められないように考えられる。

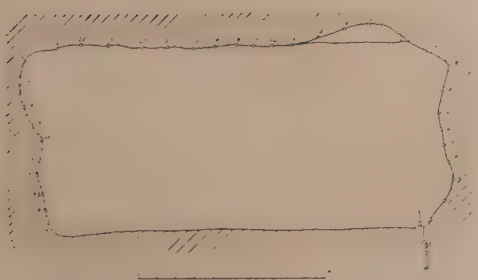
次にこの結果を立体的に結んでみると，第 13 図のようになり，地表附近で拡がつており，とくに山頂に向か



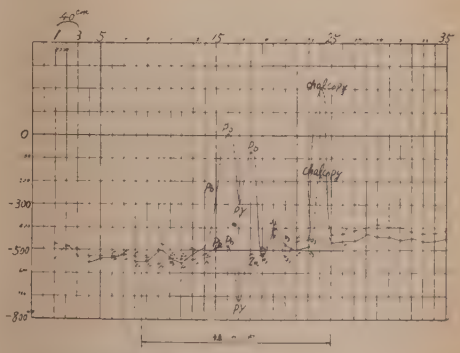
—— は差込み 1 m 間隔　—··— は引出し 1 m 間隔　　は差込み 25～50 cm 間隔

第 17 図　No. 86　上 1 鹿の子 1 号連向ボーリング内電位分布

第 18 図　天神立入地質および電位断面図



第 19 図　坑内実験実施箇所の坑道断面および測点図



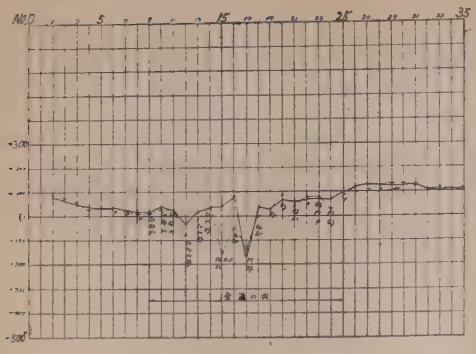
—— Pb 電極使用(接点は Dry)
濡った布で被覆した電極使用(接点は Wet)

第 20 図　坑内実験(1)　鉱体電位の測定

つて拡がつていることがいえる。この原因については，もちろん，鉱体の酸化に基づく鉱体周辺の電流によるものと思われるが，そのほかに地表附近の鉱染部分が酸化するためではないかと考えられ，とくに山頂に向かつて拡がつているのは，岩石抵抗の差または凝灰岩の厚さの差異に基づくものではないかと考えられる．

5.3.2　坑内での測定結果の考察

前述の結果からすれば，鍾の両側の電位の拡がりは，大きい鍾ほど大きいことがわかる．そして鍾に近づくと急激に負異常が大きくなり，鍾のごく附近で階段的に負異常が変化するようである．これについて考えると，鉱体周辺の母岩の電位降下に対しては，現在のところ，2通り考えられる。その1つは，鉱体の酸化によつて電流が流れ，そのために母岩中に電位が生ずると考えられるものと，母岩自身の変質または母岩中に含まれる微成分



—— ぬれた繩の上に $CuSO_4$ 素焼を置く
·· 同じ点に直接 $CuSO_4$ 素焼を置く

第 21 図 坑内実験(2) 硫酸銅電極の接触電位測定

の相違によつて現われると考えられるものとがある。今回の場合も，この2つがともに現われていると思われるが，その値がおのおのどの程度のものであるかは，今後の研究にまたねばならない。

次に岩石の差異に基づく電位は，この場合安山岩と凝灰岩であるが，上3坑道の測定結果では(第18図参照)，ピリ鏈が境界にあるため明らかではないが，問題にするほどのものではないようであつた。

5.3.3 異種電極を用いての実験に対する考察

われわれが硫酸銅電極を使用して，鉱石の上で測定する場合，周囲の母岩より割合顕著な負異常が得られ，鉱体は周囲の母岩より低電位をもつているように考えられるが，上述の実験から考察すると，硫酸銅電極で測定しているものは，鉱体をとりまく周辺の液体の電位であつて，鉱体自身の電位は，周囲の母岩より高電位をもつていることがわかる。

次に硫酸銅電極を直接鉱体に押しあてて測定すると，硫酸銅溶液と鉱体との化学変化によつて，電位が変化するのではないかという疑問があつたが，上述の実験から，われわれが測定するような短時間の間では，電位の変動はほとんど認められないことがわかつた。

6. 結 論

以上の考察から，まだ今後に残された問題は多いが，一応現在までの考えを整理してみると，

(1) 鉱脈による地表の異常は，他の理由によることも考えられないこともないが，鉱脈中に坑道を切ることにより，いくぶん変化することがある。

(2) 約 10 m 内外の表層の立体的自然電位分布は，ごく地表に近い附近で拡がつている。

(3) 鉱体周辺の母岩の電位降下に対しては，もちろんわれわれは坑道を掘つて測らねばならないので(掘らない前の分布は不明である)，こゝでは掘つた場合を考えると，掘ることによつて鉱体が酸化を受け，そのために生ずると考えられる分極電流による母岩中の電位と，母岩自身が熱変質，またはその他の変質で，物理的化学的に変化をきたしたために生ずる電位変化が考えられ，この割合は，今後の研究にまたねばならない。

(4) 岩石の差異に基づく電位差は(この場合変朽安山岩と凝灰岩)問題にするようなものは認められなかつた。

(5) 地表の測定結果から，岩石比抵抗の差，または凝灰岩の厚さの相違によると推定される。自然電位の変化が，割合顕著に現われているので，今後この点について研究する必要がある。

(6) 硫酸銅電極で，鉱石の上の電位を測定するのは，鉱石自身の電位でなく，それをとりまく液体の電位である。

(7) 硫酸銅電極で，鉱体の上の電位を測定するとき，$CuSO_4$ 溶液と鉱体との化学作用で，電位が変化するように考えられるが，われわれが測定しているような短時間では，電位変化はあまりないことがわかつた。

(昭和 31 年 9 月調査)

550.831

重力探査における解析法の比較

松田武雄* 須田芳朗*

On the Comparison of Analysis Methods in Gravitational Prospecting

by

Takeo Matsuda & Yoshirō Suda

Abstract

In the analysis of isogal maps, many methods have been used. To study the effective correlation among them from the standpoint of practical use, the writers obtained the characteristics as sampling filters, and coefficients of errors among them. Then, they studied whether the results of analysis agree with each other or not, in case of using three actual data. But they could not find a distinct difference between them. It seems that the running mean method (derived by K. Seya) and the second derivative method (derived by R. Henderson and I. Zietz) are better than all other analytical methods.

要　旨

重力探査における解析法の得失を，主として実用上の見地から比較検討した。まず各公式の Sampling filter としての特性，および誤差の係数を比較したが，各種の方法の間に大きな差が認められなかつた。また数個の計算公式について，解析結果の一致の度合を3つの調査実例によつて比較したが，どの方法でもよく一致しているということができる。これらのことから，計算を行なうのに必要な時間，および端の問題（解析計算を行なう際に，調査地の周辺の計算値を求めることのできない地域が生ずる）等から考えて，瀬谷清の導入した移動平均法，Henderson and Zietz の導入した二次微係数法等が有利であると考えられる。

1. 緒　言

重力探査の結果の表現として，重力図が用いられていることはよく知られているところであるが，地方的な重力分布のため，局地的異常が被覆されて，その検出が困難な地域では，余剰重力図や一次微係数図，あるいは二次微係数図が用いられている。後に第1表に示すように，これに関しては発表された諸家の方法も20以上に及び，それぞれ得失が論じられている[1)2)]。とくに最近，瀬谷清は精度の点から各種の方法について検討しているが(註1)，こゝでは主として実用上の見地から諸方法を比較しよう。

2. 計算公式

すでに発表された計算公式のおもなものを第1表に表示した。この際，大別して余剰重力・一次微係数および二次微係数の3種に分類することができる。この3種の分類は，物理的にはそれぞれ1種の Sampling filter をなしている。すなわち，第1表にみられるように一次微係数では $1/S$, 二次微係数では $1/S^2$ (S は計算に用いた単位半径) の項が掛けられているが，それは図面上の表示には関係のないものである。

3. Sampling filter としての比較

第1表に示される操作を，重みをつけた Sampling として図示すると第1図のようになる。この際第1表では平面的(二次元的)に取扱つているが，Filter としての取扱いについては，直線的(一次元的)にしても本質的には変わらない。第1図をみると，3種類に大別できるので，その代表的なものとして $F2$ ($\alpha=0$, $\beta=1$)・$F9$・$F19$ および後に述べる計算に用いた $F2$ ($\alpha=1$, $\beta=3$)・$F7$・$F19$ の Sampling filter としての特性を示すと，第2～7図のようになり，$F2$ ($\alpha=1$, $\beta=3$) を除いてはいずれも同じような特性を示している。

4. 実用的見地からの比較

4.1 誤差の問題

重力探査の結果得られる重力分布には，観測誤差のほか補正による誤差，波長の短かい小さな重力異常(noise)

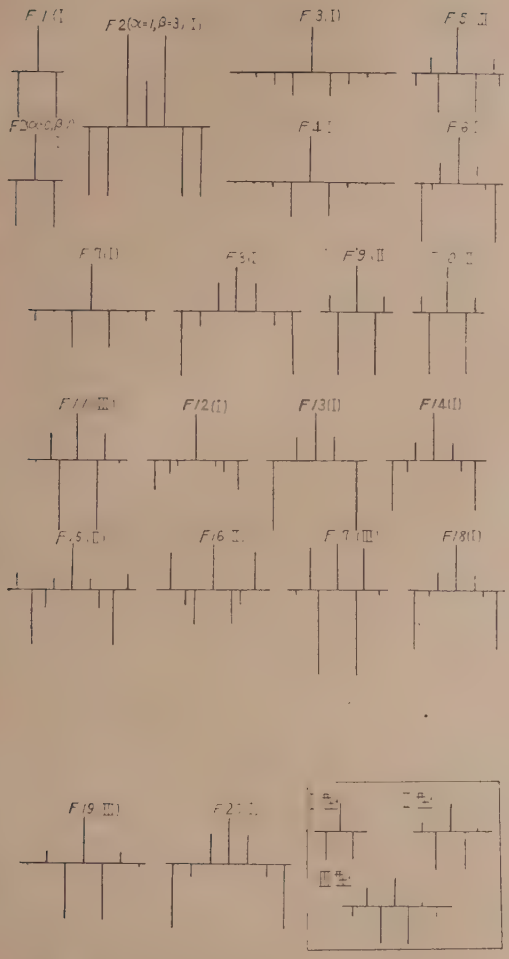
* 物理探査部

註1) 重力探査における新解析法（移動平均法），昭和32年11月物理探鉱技術協会講演会で発表。

第 1 表

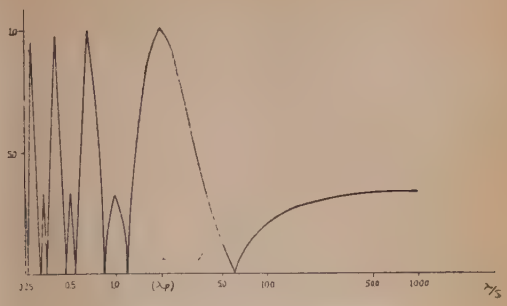
番号	導入者	計算公式
	(余剰重力を求めるもの)	
F 1	Griffine	$\Delta g(0)-\overline{\Delta g(S)}$
F 2	瀬谷 清	$\frac{1}{2\alpha+1}\sum_{n=-\alpha}^{\alpha}\Delta g(nS)-\frac{1}{2\beta+1}\sum_{n=-\beta}^{\beta}\Delta g(nS)$ (α,β は 0 または正整数)
	(一次微係数を求めるもの)	
F 3	Evjen	$-\frac{\Delta g(0)}{S}+\int_S^\infty\frac{\Delta g(r)}{r^2}dr$
F 4	坪井忠二	$-\left\{\frac{\Delta g(0)-\overline{\Delta g(S)}}{S}+\int_S^\infty\frac{\Delta g(0)-\overline{\Delta g(r)}}{r^2}dr\right\}$
F 5	加藤元彦	$-\frac{1}{S}\left\{2.723\,\Delta g(0)-2.885\overline{\Delta g(S}+0.922\overline{\Delta g(\sqrt{2}S}-0.760\overline{\Delta g(\sqrt{5}S)}\right\}$
F 6	〃	$-\frac{1}{S}\left\{0.8806\Delta g(0)+0.3451\overline{\Delta g(S}-0.1149\overline{\Delta g(\sqrt{2}S}-1.1108\overline{\Delta g(\sqrt{5}S)}\right\}$
F 7	〃	$-\frac{1}{S}\left\{2.457\,\Delta g(0)-1.956\,\overline{\Delta g(S)}-0.004\overline{\Delta g(2S)}-0.497\overline{\Delta g(3S)}\right\}$
F 8	〃	$-\frac{1}{S}\left\{0.5688\Delta g(0)+0.3623\,\overline{\Delta g(S)}-0.1622\,\overline{\Delta g(2S)}-0.7689\overline{\Delta g(3S)}\right\}$
	(二次微係数を求めるもの)	
F 9	Henderson & Zietz	$\frac{1}{S^2}\left\{6.185\Delta g(0)-8.374\overline{\Delta g(S}+2.189\overline{\Delta g(\sqrt{2}S}\right\}$
F 10	〃	$\frac{1}{S^2}\left\{6\Delta g(0)-8\,\overline{\Delta g(S}+2\Delta g\,\overline{\sqrt{2}S}\right\}$
F 11	〃	$\frac{1}{S^2}\left\{21\Delta g(0)-32\,\overline{\Delta g(S)}+12\overline{\Delta g(\sqrt{2}S)}-\overline{\Delta g(2S)}\right\}$
F 12	Elkins	$\frac{1}{60S^2}\left\{64\Delta g(0)-8\,\overline{\Delta g(S)}-16\overline{\Delta g(\sqrt{2}S)}-40\,\overline{\Delta g(\sqrt{5}S)}\right\}$
F 13	〃	$\frac{1}{28S^2}\left\{16\Delta g(0)+8\overline{\Delta g(S)}-24\overline{\Delta g(\sqrt{5}S)}\right\}$
F 14	〃	$\frac{1}{62S^2}\left\{44\Delta g(0)+16\,\overline{\Delta g(S)}-12\,\overline{\Delta g(\sqrt{2}S)}-48\overline{\Delta g(\sqrt{5}S)}\right\}$
F 15	Peters	$\frac{1}{S^2}\left\{1.156\Delta g(0)+0.256\overline{\Delta g(S}-0.455\Delta g(\sqrt{2}S-1.359\,\overline{\Delta g\sqrt{5}S}+0.392\overline{\Delta g\sqrt{9.23}S}\right\}$
F 16	Rosenbach	$\frac{1}{24S^2}\left\{96\Delta g(0)-72\,\overline{\Delta g(S)}-32\overline{\Delta g(\sqrt{2}S)}+8\overline{\Delta g(\sqrt{5}S)}\right\}$
F 17	加藤元彦	$\frac{1}{S^2}\left\{8.693\,\Delta g(0)-15.942\overline{\Delta g\,S}+8.235\overline{\Delta g\,\sqrt{2}S}-0.986\,\overline{\Delta g\sqrt{5}S}\right\}$
F 18	〃	$\frac{1}{S^2}\left\{0.9471\Delta g(0)+0.3711\,\overline{\Delta g\,S}-0.1235\,\overline{\Delta g\sqrt{2}S)}-1.1947\,\overline{\Delta g\,\sqrt{5}S)}\right\}$
F 19	〃	$\frac{1}{S^2}\left\{6.489\Delta g(0)-7.777\,\overline{\Delta g(S)}+1.610\overline{\Delta g(2S)}-0.322\,\overline{\Delta g(3S)}\right\}$
F 20	〃	$\frac{1}{S^2}\left\{0.4459\Delta g(0)+0.2905\overline{\Delta g(S)}-0.1300\overline{\Delta g\,2S}-0.6164\overline{\Delta g\,3S}\right\}$

註) S は計算に用いた単位半径

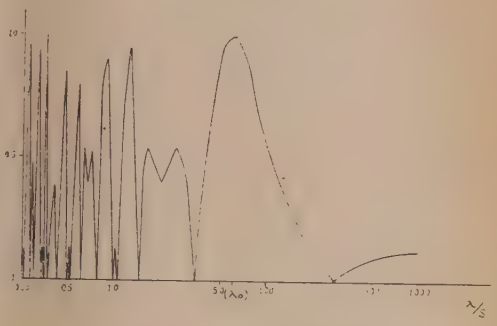


第 1 図　Sampling filter として表わした各計数公式

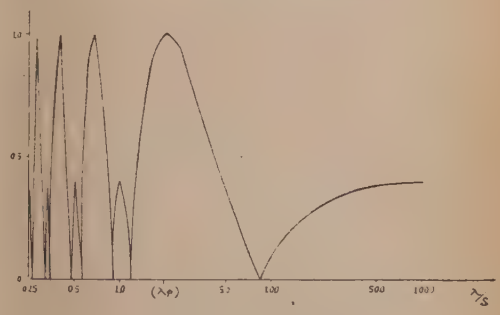
F 1：	(余剰勤力)	F 11：	Henderson & Zietz($\partial^2 g/\partial z^2$)
F 2：	(　〃　)	F 13：	Elkins (　〃　)
F 3：	Evjen($\partial g/\partial z$)	F 14：	Elkins (　〃　)
F 4：	増井 (　〃　)	F 15：	Peters (　〃　)
F 5：	加藤 (　〃　)	F 16：	Rosenbach (　〃　)
F 6：	加藤 (　〃　)	F 17：	加藤 (　〃　)
F 7：	加藤 (　〃　)	F 18：	加藤 (　〃　)
F 8：	加藤 (　〃　)	F 19：	加藤 (　〃　)
F 9：	Henderson & Zietz ($\partial^2 g/\partial z^2$)	F 20：	加藤 (　〃　)
F10：	Henderson & Zietz(　〃　)		



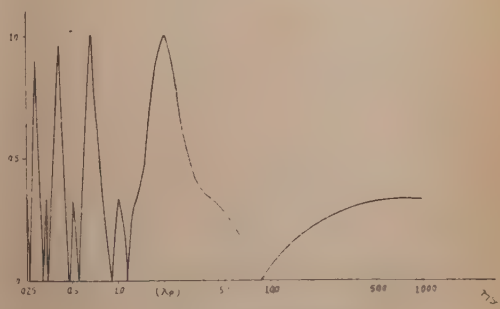
第 2 図　F 2($\alpha=0$, $\beta=1$) の特性曲線



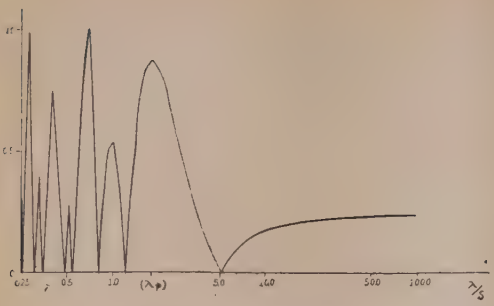
第 3 図　F 2 ($\alpha=1$, $\beta=3$) の特性曲線



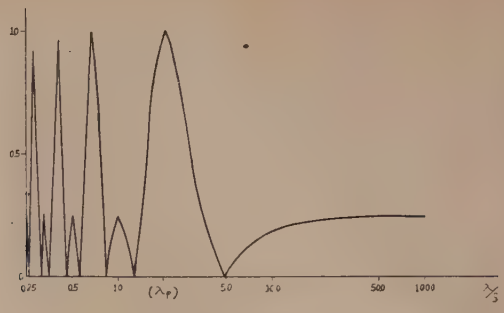
第 4 図　F 4 の特性曲線



第 5 図　F 7 の特性曲線



第 6 図 F 9 の特性曲線



第 7 図 F 19 の特性曲線

第 2 表

No	$\sqrt{\Sigma\left(\frac{C_n}{C_0}\right)^2/p}$	計算に要する時間	S_{max}/λ_p	No	$\sqrt{\Sigma\left(\frac{C_n}{C_0}\right)^2/p}$	計算に要する時間	S_{max}/λ_p
F 1	1.12	A	$1/2$	F11	1.29	A	1
$F2\left(\begin{matrix}\alpha=0\\ \beta=1\end{matrix}\right)$	1.06	A	$1/2$	F12	1.05	A	$\sqrt{5}/2\,(1)$
$F2\left(\begin{matrix}\alpha=1\\ \beta=3\end{matrix}\right)$	1.44	A	$1/2$	F13	1.16	A	$\sqrt{5}/2\,(1)$
F 3	1.04	C	3～4	F14	1.10	A	$\sqrt{5}/2\,(1)$
F 4	1.07	C	3～4	F15	1.11	B	$\sqrt{9.23}/2$
F 5	1.15	A	$\sqrt{3}/2\,(1)$	F16	1.08	A	$\sqrt{5}/2\,(1)$
F 6	1.11	A	$\sqrt{5}/2\,(1)$	F17	1.44	A	$\sqrt{5}/2\,(1)$
F 7	1.08	A	$3/2$	F18	1.11	A	$\sqrt{5}/2\,(1)$
F 8	1.26	A	$3/2$	F19	1.17	A	$3/2$
F 9	1.22	A	$\sqrt{2}/2\,(1/2)$	F20	1.27	A	$3/2$
F10	1.21	A	$\sqrt{2}/2\,(1/2)$				

C_0, C_1, C_2： 計算公式の係数
S_{max}： 重力の平均値を求める円の最大半径
λ_p： ある単位半径に対して計算公式が最も強く表現する重力異常の波長

第 3 表

調査地	調査面積 (km²)	測点総数	平均測点間隔 (km)	計算に用いた単位半径 (S) (km)		
高田平野	120	1,170	0.320	0.25	0.50	1.00
本荘平野	60	579	0.325	0.20	0.40	0.80
子吉地区	2.5	267	0.130	0.05	0.10	

の影響等が含まれているので，求めた余剰重力，一次および二次微係数等に対するこれらの誤差の影響が，なるべく小さいことが望ましい。

第 1 表に示した計算公式について，その計算誤差の大きさを評価するため，各計算公式を，

$$\frac{C_0}{k}\,\Delta g(0)+\frac{C_1}{C_0}\overline{\Delta g\,S_1}+\frac{C_2}{C_0}\overline{\Delta g(S_2}+\cdots\cdots)$$

の形で表わし，各円周上で P 個の読みの平均値をとるとすると，各読取値の精度が同一ならば，各式の誤差の係数 $\sqrt{\frac{\sum}{i}\left(\frac{C_i}{C_0}\right)^2 p}$ の値は第 2 表に示したようになる。

第 2 表によれば，この誤差の係数の値は，どの方法についてもほぼ同じ値を示している。

次に上に述べた各公式のうち，いままで筆者らが一般に用いていた F4・F9，最近瀬谷清が提唱した[註1] F2 の $\alpha=0$, $\beta=1$ および $\alpha=1$, $\beta=3$ の場合，加藤元彦が推奨している[1] F5・F7・F17・F19 のうち，F7 および F19 の 6 個の式について実例を用いて比較を行なつた。

比較を行なうための資料としては，いままでにわれわれが担当した重力探査のうち，測点の配置が調査地全般にほぼ均等になつているものを用いた。すなわち新潟県高田平野南部（昭和 24 年 10 月～12 月調査），秋田県本荘平野（昭和 26 年 5～6 月調査），および本荘平野の一部である予吉地区での精査の結果を用いた。各調査地の面積，測点総数，平均測点間隔および計算に用いた単位半径 S を第 3 表に示した。

第 4 表

本荘平野 $S=200$ m

	$F2\left(\begin{matrix}\alpha=0\\ \beta=1\end{matrix}\right)$	F 4	F 7	F 9	F19
$F2\left(\begin{matrix}\alpha=0\\ \beta=1\end{matrix}\right)$		0.17	0.28	0.05	0.10
F 4	0.17		0.04	0.30	0.12
F 7	0.28	0.04		0.31	0.23
F 9	0.05	0.30	0.31		0.18
F19	0.10	0.12	0.23	0.18	
平 均	0.15	0.16	0.21	0.21	0.16

本荘平野 $S=400$ m

	$F2\left(\begin{matrix}\alpha=0\\ \beta=1\end{matrix}\right)$	$F2\left(\begin{matrix}\alpha=1\\ \beta=3\end{matrix}\right)$	F 7	F 9	F19
$F2\left(\begin{matrix}\alpha=0\\ \beta=1\end{matrix}\right)$		0.07	0.06	0.03	0.07
$F2\left(\begin{matrix}\alpha=1\\ \beta=3\end{matrix}\right)$	0.07		0.04	0.08	0.14
F 7	0.06	0.04		0.10	0.15
F 9	0.03	0.08	0.10		0.04
F19	0.07	0.14	0.15	0.04	
平 均	0.06	0.08	0.09	0.06	0.10

本荘平野 $S=600$ m

	$F2\left(\begin{matrix}\alpha=0\\ \beta=1\end{matrix}\right)$	$F2\left(\begin{matrix}\alpha=1\\ \beta=3\end{matrix}\right)$	F 7	F 9	F19
$F2\left(\begin{matrix}\alpha=0\\ \beta=1\end{matrix}\right)$		0.08	0.16	0.00	0.08
$F2\left(\begin{matrix}\alpha=1\\ \beta=3\end{matrix}\right)$	0.08		0.26	0.07	0.15
F 7	0.16	0.26		0.17	0.12
F 9	0.00	0.07	0.17		0.02
F19	0.08	0.15	0.12	0.02	
平 均	0.08	0.19	0.18	0.07	0.09

高田平野 $S=250$ m

	$F2\left(\begin{matrix}\alpha=0\\ \beta=1\end{matrix}\right)$	F 4	F 7	F 9	F19
$F2\left(\begin{matrix}\alpha=0\\ \beta=1\end{matrix}\right)$		0.09	0.09	0.48	0.26
F 4	0.09		0.21	0.48	0.35
F 7	0.09	0.21		0.44	0.21
F 9	0.48	0.48	0.44		0.53
F19	0.26	0.35	0.21	0.53	
平 均	0.23	0.28	0.24	0.48	0.34

高田平野 $S=500$ m

	$F2\left(\begin{matrix}\alpha=0\\ \beta=1\end{matrix}\right)$	$F2\left(\begin{matrix}\alpha=1\\ \beta=3\end{matrix}\right)$	F 7	F 9	F19
$F2\left(\begin{matrix}\alpha=0\\ \beta=1\end{matrix}\right)$		0.05	0.07	0.04	0.08
$F2\left(\begin{matrix}\alpha=1\\ \beta=3\end{matrix}\right)$	0.05		0.03	0.04	0.11
F 7	0.07	0.03		0.07	0.08
F 9	0.04	0.04	0.07		0.08
F19	0.08	0.11	0.08	0.08	
平 均	0.06	0.06	0.06	0.06	0.09

高田平野 $S=1{,}000$ m

	$F2\left(\begin{matrix}\alpha=0\\ \beta=1\end{matrix}\right)$	$F2\left(\begin{matrix}\alpha=1\\ \beta=3\end{matrix}\right)$	F 7	F 9	F19
$F2\left(\begin{matrix}\alpha=0\\ \beta=1\end{matrix}\right)$		0.05	0.07	0.07	0.11
$F2\left(\begin{matrix}\alpha=1\\ \beta=3\end{matrix}\right)$	0.05		0.07	0.02	0.01
F 7	0.07	0.07		0.09	0.15
F 9	0.07	0.02	0.09		0.03
F19	0.11	0.01	0.15	0.03	
平 均	0.08	0.04	0.10	0.05	0.08

子吉地区 $S=50$ m

	$F2\left(\begin{matrix}\alpha=0\\ \beta=1\end{matrix}\right)$	F 4	F 7	F 9	F19
$F2\left(\begin{matrix}\alpha=0\\ \beta=1\end{matrix}\right)$		0.13	0.15	0.04	0.19
F 4	0.13		0.02	0.01	0.01
F 7	0.15	0.02		0.03	0.03
F 9	0.04	0.01	0.03		0.03
F19	0.19	0.01	0.03	0.03	
平 均	0.13	0.04	0.06	0.03	0.07

子吉地区 $S=100$ m

	$F2\left(\begin{matrix}\alpha=0\\ \beta=1\end{matrix}\right)$	$F2\left(\begin{matrix}\alpha=1\\ \beta=3\end{matrix}\right)$	F 7	F 9	F19
$F2\left(\begin{matrix}\alpha=0\\ \beta=1\end{matrix}\right)$		0.00	0.01	0.03	0.10
$F2\left(\begin{matrix}\alpha=1\\ \beta=3\end{matrix}\right)$	0.00		0.04	0.00	0.11
F	0.01	0.04		0.04	0.02
F 9	0.03	0.00	0.04		0.09
F19	0.10	0.11	0.02	0.09	
平 均	0.04	0.04	0.04	0.04	0.08

全体の平均

$F2\left(\begin{matrix}\alpha=0\\ \beta=1\end{matrix}\right)$	$F2\left(\begin{matrix}\alpha=1\\ \beta=3\end{matrix}\right)$	F 4	F 7	F 9	F19
0.10	0.07	0.16	0.12	0.12	0.12

この3カ所の調査地について，前にも述べたように，$F2$ ($\alpha=0$, $\beta=1$)・$F2$ ($\alpha=1$, $\beta=3$)・$F4$・$F7$・$F9$ および $F19$ を用いて計算を行なつた。得られた結果を縦横各1cm の桝目で切り，各桝目のなかの符号を読取り，任意の2つの解析方法の間で(1) 同一符号(＋と＋，－と－，0と0)を示すか，(2) 異符号(＋と－，－と＋)を示すか，(3) その他の場合(＋と0，0と＋，－と0，0と－)の3者に分け，それぞれの総数 N_1, N_2, N_3 を集計した。なお桝目の符号を読取る際，桝目のなかに0の線が少しでもはいつている場合には，その桝目の符号を0とみなした。

2つの方法の間で，どの程度一致しているかを表現するために，$^3/_2\,N_2/N_1$ (at random なときの N_1 および N_2 の確率は，それぞれ $^2/_9$, $^3/_9$ である) の比を求め，第4表に示した。これをみればすぐわかるように，単位半径 S が小さい場合を除いては，どの方法でもよく一致しているということができる。

S が小さいときは，$^3/_2\,N_2/N_1$ の値が大きい。すなわち2つの方法の間の一致が悪いということは，波長の短かい重力異常 (noise) の影響が大きく現われてくるためと考えられる。

4.2 所要時間の長短

一般に重力探査は，広範囲の地域について調査が行なわれるので，精度がいくらよい解析方法でも，計算に長時間を要するような方法は実際の解析には役に立たない場合もある。

表現の方法としてはやゝ抽象的になるが，計算に必要な時間を短いものから順に A, B, C の3種類に分けて第1表に示した。

この問題についても，数値計算で積分値を求めなければならないような場合を除いては，所要時間に大きな差はない。

4.3 端の問題

上記の計算公式が取入れている，重力の平均を求める円の最大半径，例えば $F5$ では $\sqrt{5}S$, $F7$ では $3S$ を S_{max} とすると，余剰重力・一次微係数または二次微係数を求める際に，調査地域の周辺に幅 S_{max} の計算値を求めることができない地域が生じる。いまある単位半径 S に対して，各計算公式が最も強く表現する重力異常の波長を λ_p (卓越する波長) とすると，S_{max}/λ_p がなるべく小さいこと，すなわち計算値を求めることができない地域の幅が，相対的になるべく狭いことが望ましい。

第2表に S_{max}/λ_p の値を示した。なおある円周上の重力の平均値を求める際に，方眼に切つた格子点での重力値を用いることが多いので，その場合の実際上の S_{max}/λ_p の値を( )をつけて示した。これをみればすぐわかるように，端の問題について考えれば $F1$・$F2$・$F9$・$F10$ などが有利である。

5. 結 論

重力探査結果の解析法の得失の比較検討を，主として実用上の見地から行なつた。その結果，

(1) Sampling filter としての特性，および精度の点では，各種の方法の間に大きな差はない。

(2) 所要時間の点では，$F3$・$F4$・$F15$ 等を除いては大きな差はない。

(3) 端の問題から考えると，$F1$・$F2$・$F9$・$F10$ などが有利である。以上のことを総合すると，

$$F2\left(\frac{1}{2\alpha+1}\sum_{n=-\alpha}^{\alpha}\Delta g(nS)-\frac{1}{2\beta+1}\sum_{n=-\beta}^{\beta}\Delta g\ nS)\right)$$

$$F9\left(\frac{1}{S^2}\left\{6.185\Delta g(0)-8.374\overline{\Delta g(S)}+2.189\overline{\Delta g(\sqrt{2}S)}\right\}\right)$$

$$F10\left(\frac{1}{S^2}\{6\Delta g(0)-8\overline{\Delta g(S)}+2\Delta g(\sqrt{2}S)\}\right)$$

等が有利であると考える。

(昭和30年4月，昭和33年3月調査)

文 献

1) 加藤元彦：重力の鉛直勾配の意義とその計算公式について，物理探鉱，Vol. 7, No. 3, 1954

2 Nettleton, L. L.: Regionals, Residuals and Structures, Geophysics, Vol. 19, No. 1, 1954

553.78(521.11)

青森県大鰐・碇ケ関温泉について

中村久由*　前田憲二郎**

Geology and Thermal Water of Owani and Ikarigaseki Hotspring Areas, Aomori Prefecture

by

Hisayoshi Nakamura & Kenjirō Maeda

Abstract

Owani and Ikarigaseki hotsprings are the examples recognized in Tertiary volcanic areas along the backbone of Northeast Japan. These areas consist of Tertiary green tuff extruded by liparite and two pyroxene andesite, and andesite of Quaternary volcano.

The thermal water of Owani hotsprings is characterized by Cl^- and SO_4^{2-} and that of Ikarigaseki is characterized by Cl^-. Judging from the similariteies of geology and occurrences of hotsprings in these areas, SO_4^{2-} in the thermal water seems to be the secondary composition derived from the underground water.

It is not determinable whether hotsprings in these areas are related to Tertiary volcanism or not, while Yunosawa, Yatate and Hikage hotsprings situated in the south of these areas and characterized by a high content of Cl^- and HCO_3^- are regarded as residual magmatic waters related to the extrusive period of Tertiary liparite.

要　旨

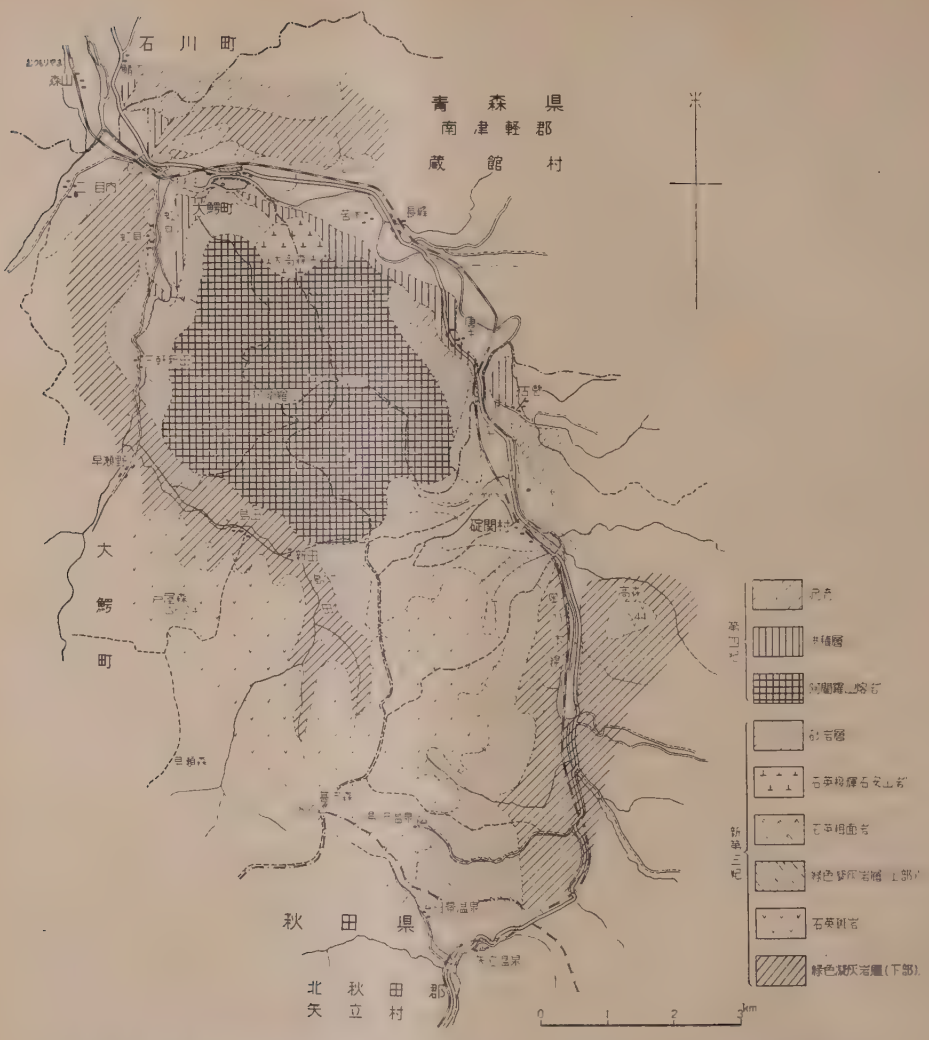
大鰐・碇ケ関温泉は，第三紀緑色凝灰岩層を湧出母岩とし，前者は Cl^-, SO_4^{2-} で特徴づけられ，後者は Cl^- で特徴づけられる。大鰐温泉の SO_4^{2-} は，地下水の成分とみなされる可能性が強い。SO_4^{2-} を除くと，大鰐・碇ケ関温泉は，きわめて類似の化学成分をとる。大鰐・碇ケ関地区には第四紀火山が存在するが，青森・秋田県境に分布する湯の沢・矢立・日景温泉附近には，第三紀火山岩のみ発達し，温泉水の化学成分は，濃度の高い Cl^- および HCO_3^- で特徴づけられる。大鰐・碇ケ関温泉は，第三紀火山あるいは第四紀火山のいずれに関係あるか，明らかでないが，湯の沢・日景・矢立地区の温泉は第三紀火山活動に関連ある残留熱水性温泉とみなされる。

1. まえがき

青森県八甲田火山と岩木火山との間に挟まれた黒石盆地東縁の地帯には，ほぼ南北方向に10数カ所の温泉が存在する。大鰐温泉は弘前市の南東方約 12 km の地点にあり，平川と相対する蔵舘温泉とともに，この黒石温泉群のなかでも主要な温泉地の1つである。碇ケ関温泉は大鰐温泉の南方，さらに 7 km の地点に位置し，古くから療養地として知られている所である。これら大鰐温泉・碇ケ関温泉を中心として，北側には浅瀬石川沿いに温湯・板留・沖浦等の温泉があり，碇ケ関温泉の南側には，秋田県境に矢立・湯の沢・日景等の温泉・鉱泉がある。いまあげたこれらの温泉は，いずれも第三紀緑色凝灰岩および第三紀火山岩類を湧出母岩とするが，この地帯は，また那須火山帯と鳥海火山帯との間に挟在する，いわば準火山地帯に相当する所であり，第四紀火山の存在も認められる。このように，第四紀火山と第三紀火山岩とが共存する地域の温泉が，湧出状況，化学成分等において，おのおのなんらかの特徴を有するものかどうかという問題は，温泉を理解するうえにも，きわめて興味深い課題の1つである。今回，これらの温泉のなかから，大鰐・碇ケ関温泉と，その南に分布する矢立・湯の沢・日景等の温泉・鉱泉を選び，地質状況および温泉水の化学成分のうえから，両地域の温泉の諸性質を検討した。本文はその要点を取りまとめたものである。

本文を述べるに先立ち，調査のため多くの便宜を与えられた大鰐町役場の関係諸氏に対して，深甚の謝意を表する次第である。

* 地質部
** 技術部



第 1 図　大鰐・碇ケ関温泉附近地質図（櫻庭弘三・藤本明則・北浜正命等の資料と筆者の調査資料から編さん）

第 2 図　大鰐温泉水温分布図（番号は分析表番号）

2. 地質概説

大鰐・碇ヶ関温泉周辺の構成地質は，第三紀緑色凝灰岩と，これを貫ぬく火山岩類および第四紀の阿闍羅山(あじゃら)熔岩からなる。第1図は，大鰐温泉周辺の地質状況を示したものであるが，既存資料[2)4)]を参考にして，さらに大鰐・碇ヶ関・矢立・湯の沢・日景温泉を含む地域の地質図を示すと第2図の通りである。

第三紀緑色凝灰岩層は，上部と下部とに分けられ，このうち下部はおもに凝灰岩・泥岩からなり，外側地域に分布する。上部は多孔質凝灰岩および凝灰質砂岩を主とし，向斜状に大鰐—碇ヶ関—日景を軸として，ほゞ南北方向に分布する。これらの地層を貫ぬいて，大鰐温泉北側に石英玢岩の岩脈が露出し，また，日景・湯の沢方面には石英粗面岩が広く分布する。なお，大鰐温泉南側の大高森を構成する石英複輝石安山岩もまた第三紀火山岩とみなされる。

阿闍羅山は大鰐温泉と碇ヶ関温泉のほゞ中間に位置する第四紀の火山で，現在なお比較的明瞭に火山地形を留めている。なお，第四紀層としては，平川沿岸に火山灰がかなり厚く堆積し，砂礫層・火山灰を覆つて鯖石街道東側に泥流の分布がみられる。

2.1 大鰐温泉周辺の地質

前述のように，大鰐・蔵舘温泉周辺の地質は，第三紀緑色凝灰岩層と，これを貫ぬく石英玢岩の岩脈，小高森の石英複輝石安山岩および阿闍羅山の安山岩質熔岩からなり，洪積層の砂礫層・火山灰および八幡舘の泥流によつて覆われる。平川北側の緑色凝灰岩層は，おもに凝灰角礫岩層からなり，ほゞ東西の走向を示し，緩く南に傾斜する。この凝灰角礫岩層は緑色凝灰岩層の下部とみなされ，その延長は，虹貝部落の西側に連なるようである。大鰐温泉背後に露出する凝灰質砂岩層および虹貝新田に分布する凝灰岩層は，緑色凝灰岩層の上部とみなされ，このうち，虹貝新田では N10°W の走向をもち，東に10° 傾く。露出不良のため，全般的な構造は明らかでないが，前記地層の分布，およびその走向，傾斜からみて向斜状の撓曲構造を呈するようにみえる。なお，大鰐温泉から小高森に至る道路の切割に，数点変質部分がみられ，白色の堅い珪質凝灰岩が露出する。

温泉は平川の河床から湧出し[3)]，ボーリングの深度は60 m 程度にすぎないが，基盤は凝灰質砂岩からなり，温泉はこの基盤を覆う沖積層の砂礫のなかに貯留されているようである。基盤内の裂罅の方向は，直接確認できないが，後で述べる水温の分布，成分含量の分布からみて，相生橋から青柳橋を通る方向に卓越しているように思われる。

2.2 碇ヶ関温泉周辺の地質

碇ヶ関温泉周辺の地質は，おもに緑色凝灰岩層からなり，湧出地域は上部の凝灰岩層によつて構成される。温泉は平川河床に露出する凝灰岩層の小裂罅から湧出する。

2.3 湯の沢・日景温泉周辺の地質

湯の沢・日景・矢内沢・矢立温泉はおのおの相近接して位置するが，いずれも緑色凝灰岩層を湧出母岩とする。湯の沢温泉は，なり屋と秋元館の2カ所に分れるが，この附近はいずれもかなり著しく変質作用を受け，この上流には，銅・鉛・亜鉛鉱床がある。湯の沢・日景温泉はボーリングによるものであるが，このうち，湯の沢温泉のなり屋源泉は，多量の硫化水素，炭酸ガスを含み，間欠的に温泉が湧出する。

この地域には甚吉森の石英粗面岩が広く分布し，かつ広く変質作用を受けている点などで，前記の大鰐・碇ヶ関温泉地域とはかなり状況が異なる。また後でも述べるように，温泉水の化学成分もきわめて特徴的であり，第三紀緑色凝灰岩を湧出母岩とする温泉であつても，大鰐・碇ヶ関温泉と，この湯の沢・日景・矢立・矢内沢の温泉・鉱泉とは成因的に異なつた機構で生成されたことを暗示している。

3. 温泉の化学成分

この地域の温泉の化学的性質については，すでに北海道大学理学部化学教室で行なつた，青森県下諸温泉の一斉調査の報文[5)6)]に発表されており，とくに大鰐・蔵舘温泉の泉質分布・湯の沢温泉の間欠泉については，項を別に設けて詳細に報告されている。筆者らも，大鰐・蔵舘温泉の28源泉，碇ヶ関温泉の5源泉，および湯の沢・日景・矢立の各源泉の試料を採取し，その主成分の分析を行なつたが，次に，各温泉の化学的性質を検討してみることにする。なお，分析結果は一括して第1表に示した。

3.1 大鰐・蔵舘温泉

大鰐・蔵舘温泉は，平川を挟んで相対し，源泉は平川に沿う低地から湧出する。源泉は大鰐で60数カ所，蔵舘で10数カ所あり，沖積層から自然湧出するものと，ボーリング(最深約 60 m)によるものとがある。

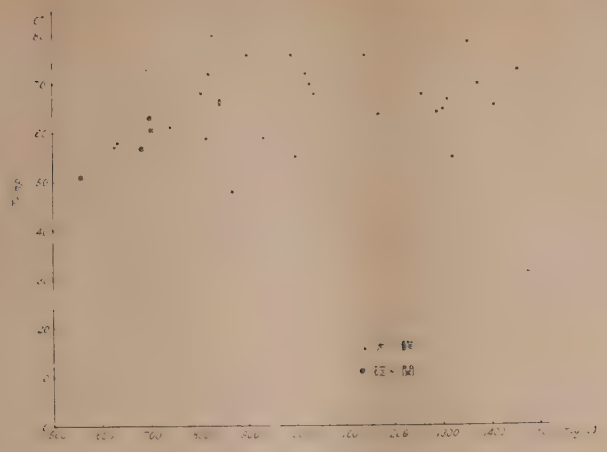
3.1.1 水温の分布

温泉の存在状態を知る手掛りとして，まず湧水温の分布を示すと第3図の通りである。この図をみると，70°C 以上の高温帯は，大鰐温泉中心部から平川を通り，蔵舘温泉の不二やホテルに至るほゞ北東方向に連なる。調査時における水温の最高は，不二やホテルの 80°C であるが，前記報告書をみると，大鰐温泉の数地点に 80°C 以

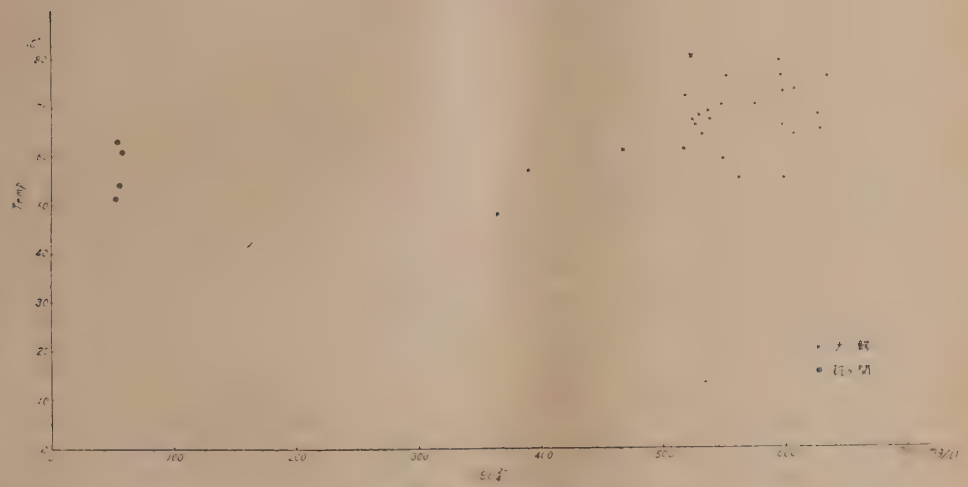
第 1 表 温 泉 化 学 成 分

No.	場 所	Temp (°C)	pH	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	CO_2	H_2S	HBO_2	Br^-	I^-
1	若 松 湯	55	7.0	1319	562.1	175.4		818.2	39.9	241.3	8.7	3.3	tr.	31.6	2.85	0.05
2	大鰐ホテル	48	6.9	872	364.2	169.6		536.6	35.4	162.4	6.8	9.0	tr.	20.7		
3	一 二 三 館	67	7.1	1317	523.8	133.0		821.4	36.7	253.2	10.3	4.0	tr.	30.4		
4	湯 魂 碑	73	6.9	1454	588.4	155.6				260.2	8.3	7.7	tr.		3.32	0.08
7	横 山 博	79	7.1	1351	595.9	148.8				255.0	8.3	3.3	tr.		2.92	0.08
9	羽 黒 湯	—	7.3	1099	543.2	128.1				232.2	5.7	3.3	tr.			
11	佐 藤 勝 作	68	7.7	1035	540.5	128.1				220.9	5.9	3.3	tr.			
15	大 黒 吉太郎	70	7.5	1031	548.9	128.1		659.3	34.1	225.9	5.2	4.0	tr.	27.9		
23	佐 藤 宿 舎	76	8.2	1187	637.0	114.7	15.0	745.9	33.4	250.2	7.6	1	tr.	25.5		
26	二川原 清 吉	68	6.9	1258	627.9	164.7				248.3	7.6	4.2	tr.			
35	山 吹 湯	70	8.0	1379	576.1	152.5		812.0	40.5	253.1	7.9	0	tr.	32.8		
37	二川原 竪 造	64	7.3	1290	532.5	152.5		749.0	36.0	232.4	7.0	3.3	tr.	32.8		
42	梅 香 湯	66	7.0	1411	596.7	164.7		868.6	36.7	254.2	7.0	5.5	tr.	35.2	2.93	0.05
46	加 賀 助	64	6.8	1177	584.3	155.5				242.3	7.0	6.6	tr.			
47	中 島 三 郎	65	7.4	1304	630.0	167.3				253.7	7.1	5.3	tr.			
53	五十嵐与士郎	>72	8.0	1017	592.6	146.4		638.9	27.7	228.4	7.4	0	tr.		2.05	<0.05
55	延 命 館	55	6.9	1000	598.3	142.7				224.6	6.8	8.3	tr.			
57	青 柳 湯	76	8.2	992	594.6	122.0	12.0	631.0	31.5	221.4	6.3		tr.	23.9		
59	寿 美 麗	76	7.0	900	552.2	140.3				206.0	5.2	4.8	tr.			
60	秋 元 松太郎	59	7.3	936	550.7	121.4				209.3	6.1	3.3	tr.			
61	西 尾 祐 一	67	8.0	893	539.1	122.0				204.6	3.9	0	tr.			
63	片 山 寿 男	—	7.4	819	527.5	106.8				193.1	5.5	3.7	tr.			
65	秋 本 旅 館	61	6.9	744	466.3	134.2		494.1	24.4	169.4	5.0	8.4	tr.	20.7		
66	仙 遊 館	66	7.2	843	528.4	134.2		508.3	27.7	197.1	5.5	4.6	tr.	23.1		
67	温 泉 会 館	57	7.0	652	389.3	124.4				149.4	5.2	11.0	tr.			
71	菊 地 理 方	72	7.0	819	518.9	125.1				190.7	5.2	5.3	tr.			
72	松 園	80	8.0	836	524.3	122.0		585.6	29.6	194.6	4.4	0	tr.	24.3	1.75	0.05
74	不 二 や	72	7.3	822	523.8	115.9		560.0	36.7	193.6	5.5	4.4	tr.	24.3		
75	前 田 武 彦	68	7.1	812	530.8	117.1		557.0	32.8	194.1	5.9	4.4	tr.	23.1		
	碇ケ関上湯	57	7.2	688	54.7	58.0				83.4	0.4	3.7	0.0			
	〃 大湯	58	7.0	631	54.7	54.3		335.2	14.8	82.4	0.4	4.0	0.0	13.4		
	〃 三笠旅館	61	7.6	703	59.3	56.1				89.4	0.4	1.8	0.0		1.55	0.05
	〃 柴田 〃	63	7.4	699	55.1	56.1		371.4	14.1	84.9	0.4	2.6	0.0	17.7	1.62	0.07
	〃 桜田源泉	51	7.2	565	51.0	57.3				76.0	0.9	3.1	0.0			
	矢 立 鉱 泉	31	6.6	9138	51.0	1612				76.0	0.9	198	0.0		19.84	0.96
	湯の沢なり屋	40	6.0			549							174.8			
	〃	43	6.3	7949	141.1	1030				744.1	300.4		30.6	106.9		
	〃 秋 元 館	46	6.1	5077	70.0	575		2407	259.2	483.4	159.9		132.6	61.7	10.09	0.7
	日 景 温 泉	46	6.2	6550	379.4	780		2977	394.9	752.7	218.5		68.0	50.0	13.10	0.87

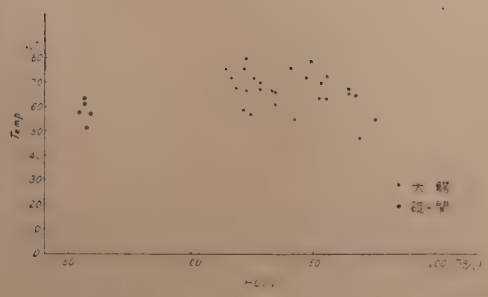
(単位： mg/l)



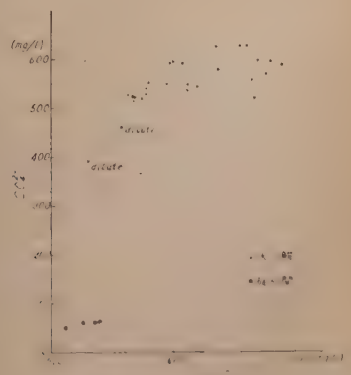
第 3 図　Cl^-—Temp. 相関図



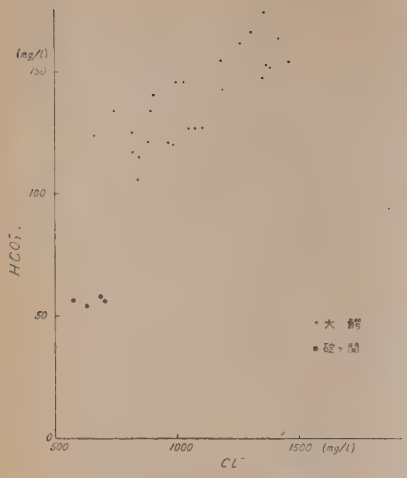
第 4 図　SO_4^{2-} —Temp. 相関図



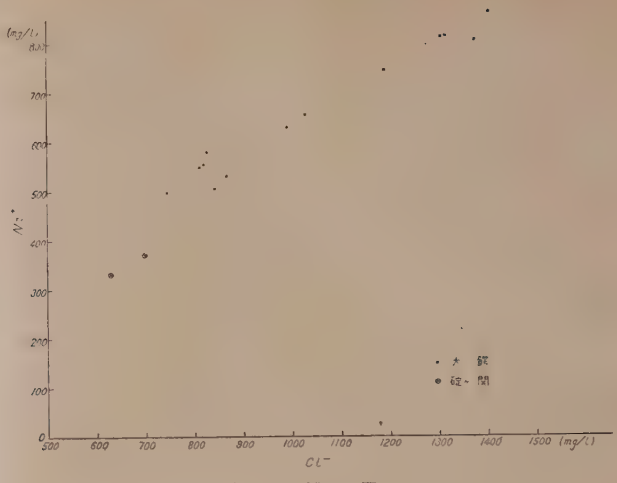
第 5 図　HCO_3^-—Temp. 相関図



第 6 図　Cl^-—SO_4^{2-}　相関図



第 7 図 Cl^-—HCO_3^- 相関図



第 8 図 Cl^-—Na^+ 相関図

上(最高 83°C) の源泉が知られており，今回の水温測定結果と比較すると，大鰐地区では全般的に水温が低下しているようにみえる。

3.1.2 水温と Cl^-, SO_4^{2-}, HCO_3^-含量との相関

大鰐・蔵舘温泉の特徴は，Cl^- および SO_4^{2-} 含量が比較的高いことである。いまこれらの成分と水温との相関図を作つてみると，第 4～6 図のようになる。この関係をみると，おのおのとくに明瞭な相関が認められない。むしろ，各成分がその含量に関係なく 50～80°C の温度範囲のなかにあるようにみえる

3.1.3 各成分相互の関係

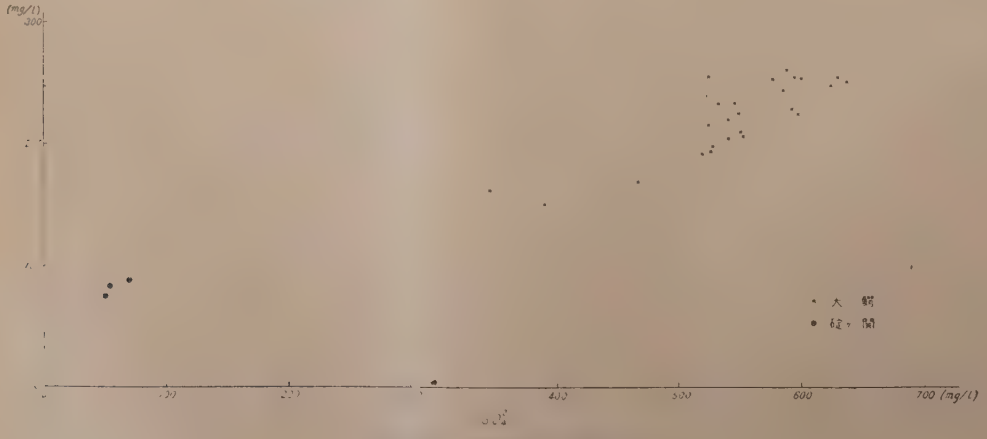
各成分相互の関係を検討するため，まず Cl^-—SO_4^{2-} および Cl^-—HCO_3^- の相関図を示すと，第 7, 8 図の通りである。このうち，Cl^-—SO_4^{2-} の相関図をみると，2,3 の低温の温泉を除いて SO_4^{2-} 含量は Cl^- 含量に関係なく，ほとんど 500～600 mg/*l* の範囲内にある。この関係は，SO_4^{2-}—HCO_3^- の場合でも同様であつて，HCO_3^- とは無関係に SO_4^{2-} 含量は 500～600 mg/*l* の範囲内にあることを知る。一方，Cl^-—HCO_3^- の相関図をみると，比較的明瞭な相関関係が認められる。いいかえると，SO_4^{2-} は，Cl^-, HCO_3^- と直接の関係をもたないが，Cl^- と HCO_3^- とは正の相関関係にあることを知る。

次に Cl^- と Na^+, SO_4^{2-} と Ca^{2+} の関係を，第 9, 10 図に示す。この図から明らかなように，これらの成分は相互に密接な相関関係をもつことがわかる。

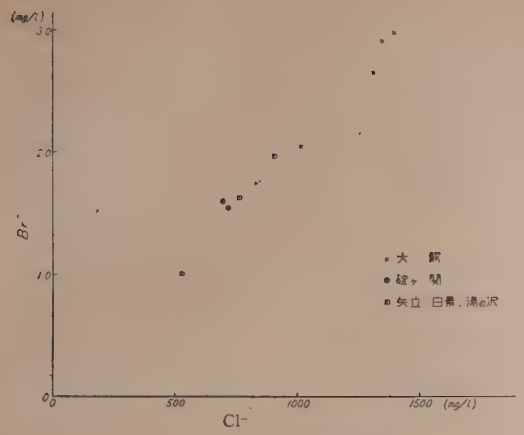
これらの関係から，大鰐・蔵舘温泉は 2 つの水系の組合せからなることが推定される。すなわち，1 つは Ca^{2+} および SO_4^{2-} で特徴づけられる水系と，他は Na^+ と Cl^-—HCO_3^- で特徴づけられる水系である。

3.1.4 成分含量の分布

各成分含量の分布をみると，大鰐温泉の中心部から西



第 9 図 Ca^{2+}—SO_4^{2-} 相関図



第 10 図　Cl^-—Br^- 相関図

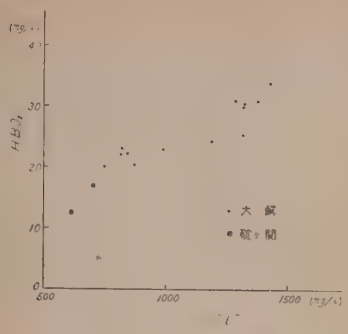
寄りに，各成分の最高含量をもつ地点があるが，これらは必ずしも一致しない。しかし各成分含量の分布は，大体温度分布の方向と平行する傾向がある。これは各成分の比率をとつてみた場合も同様である。例えばCl^-/SO_4^{2-}については，大鰐南西部—中央部—蔵舘温泉の方向に移るほど，その比率は 2.4 から 1.5 へと漸減し，またCl^-/HCO_3^-の場合は，9.0 から 6.8 と減少する。これらの状態から推定すると各成分はほゞ温度分布の方向に沿い大鰐温泉中央部附近を中心にして，地下から供給されたと考えられる。しかし SO_4^{2-} と Cl^-, HCO_3^- との間に直接の相関関係が認められないことから考えると，SO_4^{2-} は，Ca^{2+}, SO_4^{2-} を主成分とする地下水から導かれたと思われる可能性がない訳でもない。とくに次に述べる碇ヶ関温泉が，Cl^-, HCO_3^- のうえで，大鰐温泉と比較的類似した性質を示すにもかゝわらず，SO_4^{2-} 含量がきわめて少ない点からみて，この可能性を強く裏づけるものである。

3.2　碇ヶ関温泉

第 1 表に示したように，碇ヶ関温泉は，Cl^- および Na^+ で特徴づけられ，とくに SO_4^{2-} 含量は，大鰐の場合に較べきわめて少ない。HCO_3^- も大鰐に較べて 1/2～1/3 程度であるが，Cl^- 含量の割合からみると，Cl^- と HCO_3^- に関する限り，大体大鰐の成分的特徴と一致する。

3.3　湯の沢・日景・矢立温泉

青森・秋田県境に位置するこれらの温泉・鉱泉は，第 1 表に示したように，比較的温度が低く，Cl^-および HCO_3^- の高含量で特徴づけられる。また硫化水素も著量である。前記の大鰐・碇ヶ関温泉と，これらの温泉・鉱泉との間では，この化学成分のうえで，かなりはつきりした相違を認めることができる。



第 11 図　Cl^-—HBO_2 相関図

4.　大鰐・碇ヶ関温泉と湯の沢・矢立・日景温泉との比較

大鰐・碇ヶ関温泉と，湯の沢・矢立・日景温泉とはいずれも第三紀緑色凝灰岩を湧出母岩として存在する。しかし両地域における構成地質，および温泉水の化学成分を比較してみると次のような相違がある。

まず，大鰐・碇ヶ関地区であるが，この地域には比較的新期の火山岩が多い。すわなち，この地帯に広く分布する石英粗面岩に加えて，大高森を構成する石英複輝石安山岩は，緑色凝灰岩の上部層を貫ぬくドーム状の岩脈であり，阿闍羅山の安山岩質熔岩は，第四紀の火山活動によるものである。このように，大鰐・碇ヶ関地域は，同じ緑色凝灰岩層の地帯であつても，比較的新しい火山活動が旺盛な地域に相当する。

これに対して，後者の湯の沢・矢立・日景地区では，石英粗面岩の分布が広く，おそらくこの火山活動に関連あると思われる変質帯に伴なつて温泉が湧出する。

一方，温泉の化学成分をみると，前者の地域では，比較的高温であり，Cl^- を除いて(大鰐温泉の SO_4^{2-} を地下水から導かれたと考えた場合) HCO_3^-の含量が比較的少ない。これに対して後者の温泉群は，低温にもかゝわらず，Cl^-, HCO_3^- ともに著しく高い値をとり，成分的に濃集した感を与える。

これらのことから推定すると，大鰐・碇ヶ関地区の温泉は，より新しい火山活動に関連あるかどうか，現在直接断定できないが，少なくとも，後者の湯の沢・矢立・日景温泉は，第三紀の火山活動に関連ある，いわば残留熱水性温泉ないし鉱泉に相当するものと考えられる。

参考までに，両地域における温泉水の Cl^-/Br^- の相関図を第 11 図に示したが，その比率は 0.21 程度で比較的低い値を示している。この比率は，わが国の新期火山地帯温泉のそれに近い値であり，しかも両地域ともおのおのほとんどその値が一致することからみて，少なくとも温泉水の Cl^- は火成源のものであり，油田鹹水等の

影響によるものでない1つの裏づけを与えているとみなされる。

(昭和 31 年 6 月調査)

文 献

1 藤本明則：青森県南津軽郡大鰐町附近の地質，北大修論，1949

2 北浜正治：青森県南津軽郡碇ケ関村および蔵飯村附近の地質，北大修論，1947

3) 小林儀一郎：青森県南津軽郡大鰐蔵飯温泉調査報文，地学雑誌，Vol. 26, No. 310, 1914

4, 桜庭弘三：青森県大鰐附近の地質，北大修論，1947

5) 太秦康光外3名：青森県大鰐，蔵飯温泉における泉質の分布について，青森県温泉の化学的研究，1948

6 太秦康光外3名：青森県湯の沢温泉の間歇泉について，青森県温泉の化学的研究，1948

概　報

550.83：551.1(521.22)

茨城県稲敷郡河内村における坑井内速度測定調査報告

立石　哲夫*　鎌田　清吉**

要　旨

茨城県稲敷郡河内村に掘さくされてある，深度838.58 mの天然ガス休止井において速度測定を行なつた。

測定深度は 808.6 m まで，測点は 18 点，得られた記録は 34 葉である。

その結果は第3，4図に示してある。また堆積層の速度増加率（K）は，

$$K=0.72\pm0.3$$

であつた。

本調査によつて開発に必要な一部資料が得られたものと思われる。

1. 緒　言

本調査は，昭和32年に茨城県稲敷郡河内村において掘さくされた，深度 838.58 m の天然ガス休止井において速度測定を行なつたものである。

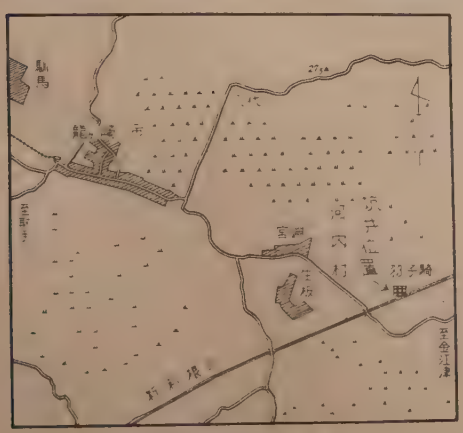
実施期間は，昭和33年2月中旬から約2週間である。

調査は筆者らのほかに，平沢　清・細野武男が参加した。また爆破孔作孔作業は，大滝忠雄が担当した。

本調査実施に際しては，日本鑿泉探鉱株式会社吉武長栄氏および現地関係者の労をわずらわした。こゝに厚く謝意を表する。

2. 位置および交通

本調査を実施した試錐井の位置は，茨城県稲敷郡河内村羽子騎にある。第1図に示すように，竜ケ崎市東南東約4 km の所に位する。



第1図　調査坑井位置図

調査地に至るには竜ケ崎からバスの便がある。

3. 試錐井の地質

試錐の結果によれば，試錐井の地質層序は地表からの深度 172 m までは第四紀層で，これから 813 m までは新第三紀層，813 m 以下は基盤になつている。

4. 調査目的および調査方法

関東平野には，多くのガス田が開発されており，また油田の有望地域として近時着目されている。

したがつて，平野地帯全域にわたつて重力探査が行なわれており，またしばしば地震探査も行なわれている。しかし，現在まで坑井内の速度測定は行なわれていなかつた。

既存の資料の検討・総合の一助として，関東地方の坑井内の速度測定調査を計画した。

幸い，当所の研究調査現場として，しばしば地震探査を行なつた，稲敷郡新利根村柴崎に近接した本調査地で，基盤まで達した休止井を利用することができ，関東平野で初めての坑井内速度測定を行なつた。

本調査においては，受振器1個を深度 0～800 m までの間に，50 m 間隔に挿入し，第 I，第 II 爆発孔からの地震波を観測して総計34葉の記録を得た。

使用した観測器械は E.T.L. 製地震探鉱器である。

5. 調査結果

5.1 観測記録

坑井内の受振器の信号は，9個の増幅器に並列接続で入れられ，それらを3成分ずつの同一フィルターに分けた。さらに同一フィルターにおける3成分の増幅器の感度を，大・中・小とすることによつて記録した。

また爆発瞬時は，発火器による爆発符号のほかに，ダイナマイトに捲線して記録装置に入れ，正確な爆発時間を得るようにした。

得られた記録の初動は比較的明瞭であつたが，これらの記録の優劣の順位は第1表および第2表に記してある。

こゝで，G は Good の略で，初動がきわめて鮮明で

* 元所員
** 物理探査部

第 2 図 坑井・爆発孔関係位置図

あるもので，F は Fair の略で初動が鮮明なもの，P は Poor の略で初動の立上りがいく分鮮明を欠くものである。

5.2 補 正

坑井内速度測定の計算に際して，必要な地表附近の低速度層の速度，および層厚を求めるため第 2 図に示すように，試錐井の附近に測線を設けた。その結果低速度層として上部から 280～340 m/sec, 810 m/sec, 1,200 m/sec および 1,610 m/sec が得られ，それぞれの層厚は上部から 4～6 m, 10～11 m, 63 m および 63 m 以下であつた

この結果，補正面を深度 10 m にとつて補正値として 1,200 m/sec 層を爆発孔深度と考え合わせて採用した。

5.3 計 算

試錐井と爆発孔との関係位置は第 2 図に示してある。

第 1 表および第 2 表は，第 I 爆破孔および第 II 爆破孔からの，地震波の各記録の初動の読みから求めた垂直時間，区間速度および平均速度の表である。

垂直時間は，震源を試錐井の補正面にあるとした場合の地震波が，垂直に坑井内受振器に到達するに要した時間である。

区間速度は各受振器深度の差を，垂直時間の差で除したもので，その区間の地層の平均速度を表わしている。

平均速度は補正面から各深度までの平均速度を示しており，受振器深度を垂直時間で除したものである。

5.4 考 察

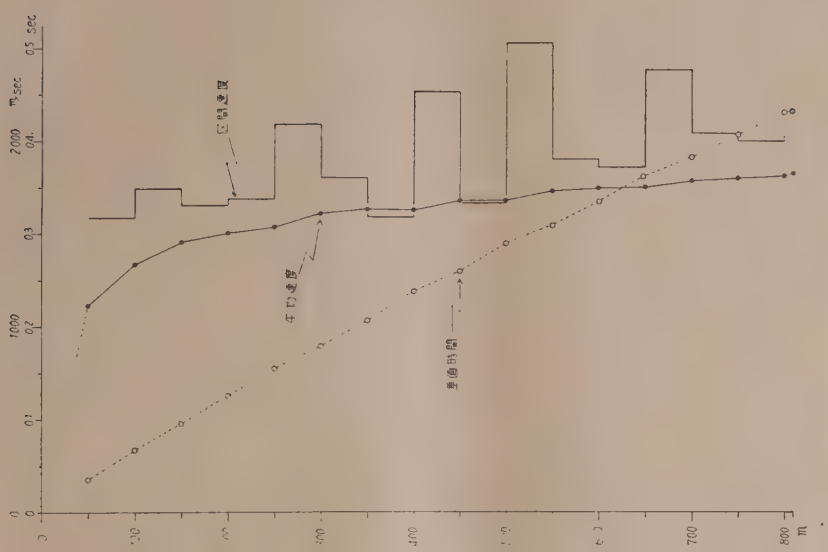
以上の計算の結果得られた垂直時間，区間速度および平均速度は，第 3，4 図に示してある。この図をみて明らかなことは，区間速度の傾向が浅部より深度の方がよ

第 1 表 第 I 発破点からの計算表

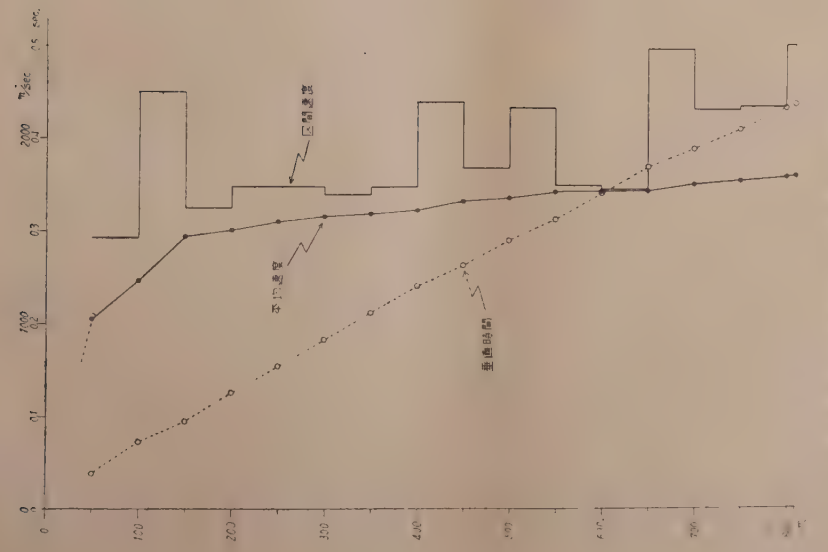
受振器の深度 (m) 孔口からの深度	補正面から受振器までの深度	垂直時間 (sec)	垂直時間の差 (sec)	区間速度 (m/sec)	孔口の受振器までの走時 (sec)	記録の順位	平均速度 (m/sec)
0							
50	40	0.0359			0.066	F	1,112
100	90	0.0674	0.0315	1,587	0.064	G	1,335
150	140	0.0961	0.0287	1,742	0.064	G	1,456
200	190	0.1263	0.0302	1,655	0.065	G	1,503
250	240	0.1559	0.0296	1,689	0.062	F	1,539
300	290	0.1798	0.0239	2,092	0.063	G	1,613
350	340	0.2075	0.0277	1,805	0.062	G	1,638
400	390	0.2390	0.0315	1,587	0.063	G	1,631
450	440	0.2610	0.0220	2,272	0.062	G	1,685
500	490	0.2909	0.0299	1,672	0.062	F	1,684
550	540	0.3106	0.0197	2,538	0.062	F	1,738
600	590	0.3368	0.0262	1,908	0.063	G	1,751
650	640	0.3636	0.0268	1,865	0.061	F	1,760
700	690	0.3845	0.0209	2,392	0.060	G	1,794
750	740	0.4089	0.0244	2,049	0.060	F	1,809
800	790	0.4338	0.0249	2,008	0.060	G	1,821
808.6	798.6	0.4343			0.061	G	1,838

第 2 表 第 II 爆破点からの計算表

受振器の深度 (m) 孔口からの深度	補正面から受振器までの深度	垂直時間 (sec)	垂直時間の差 (sec)	区間速度 (m/sec)	孔口の受振器までの走時 (sec)	記録の順位	平均速度 (m/sec)
0							
50	40	0.0388			0.047	P	1,029
100	90	0.0729	0.0341	1,466	0.045	F	1,233
150	140	0.0951	0.0222	2,252	0.044	F	1,472
200	190	0.1258	0.0307	1,628	0.045	F	1,509
250	240	0.1545	0.0287	1,742	0.044	F	1,553
300	290	0.1832	0.0287	1,742	0.042	G	1,582
350	340	0.2126	0.0294	1,700	0.045	G	1,599
400	390	0.2413	0.0287	1,742	0.044	F	1,616
450	440	0.2640	0.0227	2,202	0.043	G	1,666
500	490	0.2911	0.0271	1,845	0.043	G	1,683
550	540	0.3141	0.0230	2,173	0.044	G	1,719
600	590	0.3426	0.0285	1,754	0.046	G	1,722
650	640	0.3714	0.0288	1,736	0.045	F	1,723
700	690	0.3914	0.0200	2,500	0.044	G	1,762
750	740	0.4144	0.0230	2,173	0.044	G	1,785
800	790	0.4372	0.0228	2,192	0.043	G	1,806
808.6	798.6	0.4406	0.0034	2,529	0.043	G	1,812



第3図　坑井内速度分布図（第I爆発点）



第4図　坑井内速度分布図（第II爆発点）

く一致しているが，このことは爆発孔の条件，初動読取りの誤差，補正面からの計算誤差等の影響によるものと思われる。

試錐の結果によれば，813 m 以下は基盤であるので，この計算の結果からわかることは，第四紀および新第三紀の堆積層には大きな堆積条件の変化がなかつたと考えられることである。したがつてこの結果から，堆積層の速度増加率（K）を求めると $K=0.72\pm0.3$ となり，速度は次式のようになる。

$$V=1{,}641+0.72Z$$

たゞし，Zは速度（m）である。

この値は油田，ガス田の多くの地域で得られた結果の値とほゞ一致している。

6. 結　論

本調査によつて，関東平野の一部地域の必要な資料が得られたものと思われる。

坑井深部にスライムが堆積しているため，基盤岩の速度が得られなかつたが，この調査によつて堆積層の平均速度，区間速度および速度増加率が算出できた。

初速度および速度の増加率は，新潟地方の平原で行なわれている坑井内の速度測定の結果と大差がないようであるが，関東地方においては，今回の結果だけであるので，今後数多くの坑井内速度測定を行ない，関東地方の既存の資料についての検討，総合，解釈することが望まれる。

（昭和33年2月調査）

資　料

552.3 : 552.1

火山学理論の若干の問題について*

G. S. Gorshkov
小　西　善　治訳

I

現代火山学の主要問題の1つは，火山のマグマ溜の深度に関する問題である。この問題は，火山学ばかりでなく，動力学的地質学（dynamic geology）・鉱床生成理論・地球の物理学・地体構造学の多くの関連問題の解明を運命づけている。

火山学文献では以前から，マグマ溜が浅所に分布しているという考え方が支配している。しかしこのような伝統的な考え方は，多少異なるが，勝手な前提によつているか，なんらかの地球物理学的観察で基礎づけられていない。著者は，明らかにされた横波の eclan 現象を利用して，千島火山のマグマの深度評価を試みた。

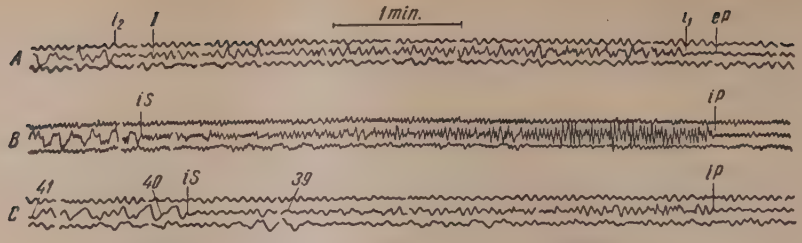
ソ連科学アカデミーのカムチヤッカ火山観測所（その後千島）で，1948年秋から始まつた地震観測で求められた seismograph には，100回以上にわたる局地・遠隔地震を記録した。局地地震は，他の地域の地震と本質的には異ならなかつた。すなわち，小規模震源の場合には $\overline{P}$, P* と P, および $\overline{S}$, S* と S とが到達することは，カムチヤッカ地域における地殻の構造が，他の大陸地域の地殻構造と異ならないことを立証している。すなわちカムチヤッカ地域は，著しい厚さの花崗岩・安山岩層をもつている。

大規模の遠隔地震では，P, S 相が明確に観測され，地殻の下部に流体状マグマを欠失していることを示している。このような現象は，地殻の厚さがきわめて厚いので，全横波の eclan が，不可避的に起るためであろう。この種の関係の例外は，日本列島のある地域に起る地震だけである。すなわち北海道および北部本州地域の地震は，完全に記録される。しかし震央が日本南部にある地震は，20回以上記録されているが，千島観測所では，縦波（P, PP とその他）のみが，seismograph に記録され，横波Sを欠失している。日本と同一方位に位するが，さらに遠隔地域に発生する地震（フィリピン，セレベス）は，S相がふたゝび seismograph に明確に認められる。

seismograph に S 波が表われない可能な原因としては，震原の "起震力" に対して観測所が好ましくない（unfavorable）位置にあることがあげられるであろう。しかし最近の研究成績にみられるように，東部アジアの島弧地域に発生する大多数の地震の震原は，大陸縁端部に対して（近似的に）垂直の方向――千島観測所で横波を記録するのに最も好都合な方向――に移動している。日本の地震の震原から，千島観測所と同一方向に大体位置しているペトロパヴロフスク観測所の記録には，明確なS相が存在する。したがつて，上述の推定原因が事実と一致しないことは，まつたく明らかである。

対応震原の深さにおいて，波（地震）のエネルギーが著しく減少する可能な場合については，詳しく解析されていない。これは他の地域に発生する同一の震原の深さの地震，例えば（日本アラスカ）に発生する地震では，明確なS相が表われるからである。日本地震の震原から，千島観測所と同一距離に位置するマガタン観測所では，千島観測所と異なり，明確なS波が記

* Горшков, Г. С.: Некоторые вопросы теории вулканологии. Известия. Академии наук СССР, Серия геологическая, No. 11, 1958



A--千島観測所 Δ=25°6 ep 11 時 35 分 36 秒
I—走時曲線による距離
i2—11 時 40 分 17 秒
ip—11 時 35 分 39 秒
C—ペトロパブロフスク観測所 Δ=25°2
is—11 時 39 分 10 秒
i1—11 時 35 分 50 秒
S—11 時 39 分 59 秒
B—マガダン観測所 Δ=26°1
is—11 時 40 分 06 秒
ip—11 時 35 分 04 秒

第 1 図 1953 年 11 月 27 日，11 時 30 分 (0.8±2 秒) に日本で発生した地震の seismograph

録されている。問題は，震原の深さでないことは明らかである。すなわち，南部日本の地震では，千島観測所の seismograph に S 波を欠失する（第 2）の推定原因は，事実と一致しないことを示している。第 1 図はこのことを明らかにしている。

seismograph に横波を欠くのは，明らかに局部的な原因によるものである。すなわち観測所の周辺に特異な "eclan" が存在するためである。地震の震原——seismograph に S 相を欠く——は，千島観測所から 213～230° の方位で，24° から 48～50° の距離に存在する。この方向に千島火山群が走つている。したがつて，最も自然な，かつ本当らしい解釈としては，次のことが考えられる。すなわち横波（直接）に対して地震学的 "影" の発生原因としては，流体状マグマ溜の "eclan" 作用があげられる。

いま火山の頂までの距離，すなわちマグマ溜と地表面とを結び付けて，火道までの距離を知り，eclan 波の出現角度を決定すれば，eclan（マグマ溜）の深度を容易に計算できる。さまざまな震原の深さの P 波の出現角度は，多くの参考書に掲げられてある。簡単な計算では，縦波と横波とが同一通路に沿つて伝播すると，普通推定されている。しかしその速度が異なるから，このような状態が起りえないことが先験的にいいえられる。すなわち，与えられた震原の深さでは，縦波と横波との到達角度は異なる。したがつて現在の数表およびグラフでは，P 波の到達角度に利用できないから，S 波の出現角度を決定することが必要である。この値は走時曲線を微分すれば決定できる。

$$\cos e \frac{dT}{d\theta} Vs, \qquad (1)$$

e—出現角度　T—震原の深さ θ の波の走時時間
Vs—地表面附近の横波の伝播速度

第 2 図には，グラフの形態で S 波の出現角度の計算値が掲げられている。この図では，また P 波の出現角度曲線も示されてある。この図から明らかなように，各震原の深さに対する P 波と S 波との出現角度差はきわめて顕著である。

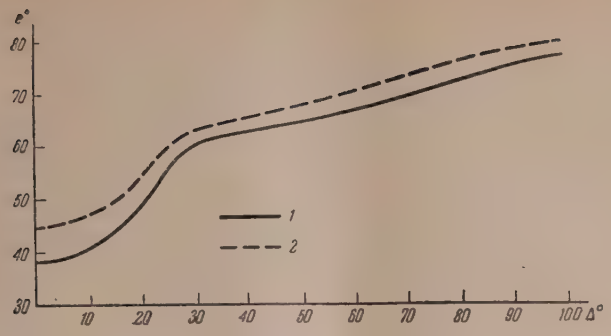
走時曲線図に現われている実験曲線を微分しても，絶対的に精確な結果が求められないことを附加しておくことが必要である。われわれの目的に対して充分な精度は，一層簡単な方法，すなわち終端増分 (end increment) の導関数の比に置き換えて求められる。この場合 1）式に Vs=3.5 km/sec 値を入れると，次のようになる。

$$\cos e = 3.5 \frac{\delta T}{d\theta}, \qquad (2)$$

km を degree に換算すると

$$\cos e = 0.031 \frac{\delta T}{\delta \theta^\circ}, \qquad (3)$$

千島観測所の横波の eclan 作用は，震原の深さが 24° から 48～50° の場合に発生する。第 2



第 2 図　1—横波の出現角度　2—縦波の出現角度　e—出現角度値　Δ—震原の深さ

図によると，この震原の深さに対しては，57.5～64.5° のS波の出現角度が対応している。

l 長まで水平に packing されている場合の "eclan" 深度 H は次式で算出される。

$$H=l \text{ tg } e, \qquad (4)$$

そこで観測点から千島火山までの距離が 33 km の場合には，マグマ溜の深度は 50～70 km の interval で決定される（この値は実際上地殻の限界値である），アジアの東部縁辺地域で最近行なわれた研究によつて，地殻の厚化は 60 km までであることが確かめられているのを想起してほしい。

"地震学的影" の限界を検討すると，マグマ溜の規模と形態とについて，ある種の観念が求められる　地震学的影は，楕円錐 (elliptical cone) の形態をもち，地表面下に約 60° の角度で拡がつている，垂直断面 (a) における generatrix (母量) 間の角度は 7° であるが，水平面の投影では 15～17° である。

したがつてマグマ溜の形態は凸レンズの形態，おそらくは緯度線方向に伸長し，子午線方向に偏平な 3 軸楕円体形態であることが推定される。マグマ溜の延長とその厚さは 25～35 km，容積は約 1～2 万 m^3 である。

マグマ溜の実形態は，もちろん一層複雑な形態を示し，多様な "枝"，"足" をもつているであろう。

II

多くの日本地震の 8～14 秒後の記録には，S波の欠失後に明白な二次的波，第 1 図の i_2 の到達が観察される。この二次波は，マグマ溜で屈折する交換波——SKS 型——とみなされ，SRS で表わされる。この波は回折波 P：(PRP) (第 1 図の i_1) の到達後 14～19 秒を経て到達する性質をもつているようである。

直接波と交換波との到達時間差を利用すれば，マグマ溜における交換波の速度が決定できる。すなわち次の式によれば，この値は容易に誘導される。

$$V_R=\frac{VH}{H+V\Delta t}, \qquad (5)$$

V_R—マグマ溜における交換波の速度
V—マグマ溜の境界面における直接波の速度
H—マグマ溜における交換波の伝播径路長
Δt—直接波と交換波との到達時間差
H=30～35 km, V_p—7.8 km/sec, Vs—46 km/sec
Δt は S 波では 12～14 秒，P 波では 18～19 秒である。

このデータによれば，V_R は 1.6～1.8 km/sec の間で決定される。この速度は水中または脆弱な岩層（普通の地圧下）中を伝播する速度に近い。

マグマ溜における物質の転位 module μ が 0 に等しいか，あるいは 0 に近いことに留意すれ

ば，次式が求められる。

$$V_R=\sqrt{\frac{K}{\rho P}}, \qquad (6)$$

K—物質の圧縮係数
ρ—マグマ溜の物質密度 (3.4 g/cm³)

$$K=\rho V^2, \qquad (7)$$

したがつて $K=1\cdot10''$ ダイン/cm², すなわち $1\cdot10^5$ バールである。

圧縮率—逆数—(B) は $10\cdot10^{-6}$ バール$^{-1}$ と決定される。求められた圧縮率は標式的固体と標式的流体 (地殻では $B=0.8\cdot10^{-6}$ バール$^{-1}$，水では $48.9\cdot10^{-6}$ バール$^{-1}$) との圧縮率値の中間値である。

このように，seismograph を研究すれば，マグマ溜における物質の弾性定数に関して，ある種の観念が与えられる。

III

マグマ溜の深度と形態，およびマグマ物質の弾性定数に関する問題の上述解は，きわめて予測的なものと考えられる。しかしこのような考え方は，火山学の一般的なある種の問題を略述する基礎に役立てるのには充分である。

1. マグマ溜が地殻の境界面，おそらくは地殻の上方に賦存するのは，少しも偶然ではない。すなわち Gutenberg は，この深度 (80 km) で地震波が減衰 (したがつて弾性定数が低くなる) することを最近明らかにした。この種現象が最も発生し易い原因としては，晶質状態から潜晶質状態への移行が考えられる。他方において Linbinov は，ある深度間隔の地殻の上方部分では，地球の温度曲線と，物質の熔融曲線とがほとんど一致すると考えている。したがつて地殻の上方部分では，熱力学的条件が変わると，物質が流体状態へ移行するために，とくに好都合な条件が支配する。局地的に圧力低下か，または温度の上昇を伴なうような大規模な造構擾乱は，マグマ溜の発生を不可避的に誘導するはずである。

したがつて，現代の火山活動と，とくにアルプス造山帯との結び付きが，まつたく自然に誘導されるはずである。

2. 一度形成された流体状マグマは，上方に絞り出されるが，地表面に達しないで，岩脈および層状貫入の形態で凝固するであろう。地殻に超深所破砕帯 (60～80 km) が発達している場合には，流体状マグマは，噴出火山活動のそれぞれの形態をとつて，地球の表面に表われる。このように火山活動は，地殻の深所破砕帯と常に結び付いている。そのうえ，この種の破砕帯は最近の造山帯と一致するか，すでに凝固した Plate-forme または古期山岳地域を切るかは，火山活動の原因としてみれば同じことである。任意の場合における深所破砕帯の形成 (60～80 km) は，火山の生成を条件づける。満洲，チベット，東部アジアにみられる火山，およびきわめて若い北東部アジアの火山は，この種の現象の形成を明らかに裏付けている。

3. マグマ溜がきわめて深所に賦存——深所ではマグマ物質の化学的組成には著しい差異が存在しない——することは，広域マグマの性質が驚くべきほど類似していることを，きわめて簡単に明らかにしている。小規模マグマ溜の場合には，例えば延長数 1,000 km にわたる縁太平洋の地向斜地帯にみられる熔岩の性質の同一性を解明することが不可能である。それとともに，大陸の縁辺部に対して垂直方向において，熔岩の化学的機構が変わることは，地殻の海洋，地向斜または Plate-forme 性質，すなわち主要地質学的発達階梯——地向斜の形成とある一定方向への発達——によつて，地殻の上方，または下方の組成が変わつてくることを示している。したがつて，例えば満洲内陸火山の熔岩の組成は，東部アフリカの内陸火山の熔岩のそれに近く，隣接の日本の地向斜地山から噴出された熔岩とは著しく異なつている。

4. 火山学の理論的構成において，大きな役割を占めるのは，周辺マグマ溜仮説である。この仮説は，すでに 17 世紀に Kircher によつて提唱され，Stübel はこの仮説を復活させた。火

山発達の合法則性に関する Stübel の考え方は，すでに古くなつている。しかし周辺マグマ溜の考え方は，多くの識者が現在においてももつている。

こゝでは，この考え方を詳細に検討しない。たゞ次の事実を指摘しておこう。すなわち南部カムチヤッカ，および北部千島列島で地震が発生する場合には，地震深度は約 30 km で，地震波は千島火山群を経て伝播し，なんらの異常が現われない。すなわちこの深度には，ある程度広域マグマ溜が存在しないようである。

千島火山地域に発生する浅発 3～10 km 深度の局地（短周期）地震でも，なんらの異常が認められない。局地地震のS波の周期は 0.2～0.4 秒である。この波は 500～1,000 m の流体層で，すでに eclan されているようである。したがつて地震学的データは，周辺マグマ溜が浅所に存在する可能性をくつがえしている。この結論は一般的な意味をもつはずである。この規則の例外は，きわめてまれに出会し，ヴエスヴイヤス火山でみられるように，炭酸塩質岩層の交代，置換現象とのみ結び付いているようである。

5. 10 年または 100 年間の間隔で発生する噴火では，熔岩組成の著しい分化が普通認められる。すなわち酸性軽石に始まり，塩基性熔岩に終つている（クラカタウ火山・ヘクラ火山）。1 噴出期の噴出産物の総容積は，まれに数 km^3 を超える。深度 60 km の火道の容積は，少なくとも 60～80 km^3 になる。時間的には迅速に，化学的機構については顕著な突発的分化作用が火道におけるマグマの（上昇）過程で条件づけられることは，まつたく明らかである。

マグマ溜において，一層緩慢に分化作用が行なわれると，1 千年，1 万年間にわたつて，アルカリ側へ化学的機構の変化が徐々に起る。分化作用の両型の見事な実例は，Zavaritsuki がヴエスヴイヤスの岩石について解明している。

6. 同一火山帯の火山が，噴火時に異なる変化を蒙むることは，火道過程で条件づけられる。このような噴火は，無秩序に発生するか，または各火山が隣接火山の（噴火）リズムとなんらかの関係のない，固有の噴火リズムをもつているからである。この種の噴火には，普通深度 5 km の浅発地震を伴なう。

7. 1 火山地域，または数火山地域の多くの火山が，同時的に爆発する原因としては，一層深度オーダの共通の巨広域マグマの活動によるか，ときにはマグマ溜群に遊星的作用が同時的に働くためであろう（カムチヤッカ，千島 1945～1946 年）。この種の原因はまだ明らかにされていないが，造構運動の活性化と関連性がある。このことは，数火山の同時的爆発にしばしば先行して，深度 60～100 km の中間地震が発生することが示しているようである。

新火山（パリクチン）の形成または死活山の活動の複活（カムチヤッカのベズイムヤ火山）は，またマグマ溜の活動の活性化と関連性をもち，深発中間地震を伴なう。

8. マグマ溜が著しい深所に存在し，周辺マグマ溜を欠失していることは，火山学理論の若干問題を解くのに役立つ。例えば，この観点からみれば，カルデラの形成が，マグマ溜の天井が破壊されて発生するものでないことは明らかである。Escher の古い説――カルデラが大爆発に先行して解放状態となつた火道壁の破壊によつて形成される――は，この点からみて，本当らしいように思われる。

552.3 : 551.1

地殻の発達と花崗岩の性質に関する問題*

V. V. Tikhomirov
小　西　善　治　訳

編集者註：Tikhomirov が本論文でとりあげている問題は，複雑な地質学的問題であつて，その解決には，地質学でも，地球物理学でも，現在充分研究されていない基礎づけが必要である。

地球のシアル層の履歴に関するとりあげ方には，超塩基性から，花崗岩質にわたる物質と，逆に橄欖岩質組成にわたる物質とのバランスに関するデータを伴なつていない。著者は，地殻の構造に関する地球物理学的データが，さまざまな地殻層を構成する物質の，さまざまな密度――岩石学的組成でなく――の存在を立証していることを充分に感得していない。

本論文にふれられている問題を解決するためには，岩石成因学の領域において，またさまざまな条件下における岩石の物理的性質の研究領域において，地質学者，地球物理学者および実験科学者の大規模な共同研究を必要とすることを述べておく。

地殻を構成する塊状，晶質岩石中で，広く分布するものは，岩石学的には，酸性組成の貫入岩に属する花崗岩類および，花崗閃緑岩類である。迸入岩類群中では，酸性マグマの火山産物も，また重要な役割を演じている。そのほかに，その成因が，変成作用によるものと認められる岩石中でも，組成が花崗岩類にきわめて近い多数の生成物が知られている。このような事実は，珪酸塩を多量に含有する岩石類が，地殻の構造において，重要な役割を演じていることを立証するものであつて，すでに2世紀にわたつて行なわれていると花崗岩の成因に関する論議の基礎となつている。現在この問題に対しては，しばしば原則的に異なるような見解が存在する。

花崗岩の性質に関する考え方は，2つの主方向に区別される。すなわち，マグマと変成作用である。マグマ成因を主張する人々でも，酸性組成のマグマ成因に関する問題の細部については，見解を異にしている。最も広く流布されている見解は次のようである。

(a) 酸性マグマは，単一マグマの晶出，分化作用の1産物である (Bowen, Niggli その他)。

(b) 地殻の内部には3種のマグマ，橄欖岩質・玄武岩質・花崗岩質マグマが存在する (Holms)。

(c) 2種のマグマ，すなわち酸性と塩基性マグマとが存在する (Levinson-Lessing)。酸性マグマは，堆積岩の再熔融によつて発生した。

最初の3仮説によれば，花崗岩マグマは，juvenile 性質をもつているが，後者の仮説を支持する学者は，酸性マグマが，他の岩石類の再熔融産物であつて，再生成因である。最近では，この問題では変質作用現象が重要性を帯びる考え方が，段々と普及している。この考え方によれば，多く塊状晶出岩石類――このなかに花崗岩を含む――は，交代作用過程の複雑な (物質) 系として生成される。

さらにこの観点は，変質作用の極端な形態 (ultra-metamorphism) が，初成堆積物質の再熔融で特色づけられているから，再生成因 (palingenesis) 説とほとんど変わらないといえよう。

花崗岩の成因に関する現在の諸説については，Kupletskogo, Niggli, Afanasev, Sovolev 等がとりあげているので，こゝで繰り返して述べる必要がない。しかし花崗岩の成因問題は，現在

* Тихомиров, В. В.: К вопросу о развитии земной коры и природе гранита, Известия, Академии наук СССР, Серия Геологическая, 8 Август, 1958

においても，依然として論議が続けられているが，以前には考えられなかつた事実が，しばしば新しい考えを述べる誘因となつていることを述べておく必要がある。

問題の解決に，ある程度近づくためには，まず第一に，考えられうるさまざまな成因説を，できるだけ絞ることが必要である　この目的のための１つの研究方法としては，地殻の研究によつて求められたデータとともに，天体の科学で取り扱う諸事実も考慮に入れることが必要である　周知のように，地球上に存在するあらゆる化学元素は，太陽系の他の惑星にもみられる　これらの惑星では，元素がさまざまな形態に組合わされて，地球上に分布するものと同定される火成岩類が生成されるはずである。隕石の岩石学的組成の研究によれば，この種の岩石類は超塩基性岩石グループに入れられることを示している。

同時に，酸性組成の隕石は，現在のところ発見されていない。確かに，SiO_2 90％以上の tectite の発見が知られている。しかし，Krinov が指摘しているように，tectite 組成における各元素の相関関係と，その生成時代――アルゴン法によつて決定された――とは，宇宙性成因でなく，地球性成因特質を示している。したがつて，むしろ大惑星の崩壊産物と考えられる隕石――Fesenkov の見解による――は，全部または大部分が塩基性性質からなつている。地球物理学的データによると，遊星の内部のほとんど90％は，橄欖石質，金属質組成をもつている　このような考え方は，(深部)破砕帯の研究結果――超塩基性，塩基性マグマの溢流が常にこの地帯にみられる――とまつたく一致している。

上述の状態から，次のことが考えられる。すなわち，地球，ならびに同一初成物質からなる他の遊星（宇宙塵の熔融か，ガス状星雲の凝縮か，いずれかによつて生成されたとしても）に発生した原初マグマは，その組成が超塩基性に近い。確かに，各元素の再熔融は，遊星物質の凝縮過程において起こり，それぞれの化学的元素に卓越する外殻が形成されたようである。しかしこのような外殻には，酸性マグマの発生に必要な条件が求められないようである。このような結論は，次の考え方から誘導される。すなわち，他の宇宙物体に，酸性珪酸塩熔融物質が存在する場合には，地球上に落下する隕石には，花崗岩状組成の隕石があるはずである。しかし酸性隕石は知られていないから，花崗岩の生成には，大多数の遊星には欠失しているが，地球上には存在する特定の条件を必要とされることが推定される。現代科学によれば，密度がほとんど等しい宇宙物体の内部に発生する諸現象は，原則的には違わないことが考えられる。したがつて，われわれの遊星上で，花崗岩の生成を誘導する条件は，その内部でなく，外殻層に特定な条件であるから，地球表面および外殻に固有な物理・化学的様式の特性に（花崗岩の生成条件）求めることが必要である。このような考え方によれば，地球の深所に（花崗）原初酸性マグマの存在を認める仮説とか，類似のマグマが晶出分化作用の結果として発生すると推定している仮説とかを否定する根拠が得られる。このような結論は，また考えられうる花崗岩成因説の数を本質的に制限し，問題の解決に１歩近づくことを可能にするであろう。

最近多くの岩石学者は，さまざまな観点から，花崗岩マグマの原初 juvenile 性質に関する従来の考え方を否定し，花崗岩マグマの生成の端初物質として，地球のシアル外部層をあげていることを指摘しておくことが必要である。

Magnitsukii, Kropotkin の論文中で述べられている遊星の構造に関する最近のデータに対応して，地球を構成する物質は，不均質であつて，地球物理学的性質によつて区別される外殻系に分けられる。地殻と名づけられている外殻，すなわち地球の外部は，陸地および海洋底に分布する堆積物質と花崗岩層――大陸地域にのみ定着している――からなつている。その下部――地殻の基盤――には，その性質が，玄武岩層と条件的に名づけられているもの対応する層が常に分布している。シアルの下部にあたるこの層は，明確な境界面（モホロヴィッチ面）で深所に分布するシマ基体（橄欖岩質層）と分かたれている。

シアル層は，地球の一定の成長階梯に発生し，遊星の初成表面はまつたく超塩基性組成の岩石によつて構成されていたと考えられる根拠がある　しかしながら，シアル層はどのような条件の

下で，いつ生成されたのであろうか。

次にシアル層を形成する生成物質，まず第一に，大陸の構造に関与する堆積岩類が，どのように発生したかを検討してみよう。

地殻上において卓越している化合物質は，珪素とアルミナの比較的軽い化合物であるから，多くの地質学者は，シアルの堆積層が，初成花崗岩状岩石の破壊産物で代表されると考える傾向がある。しかしさらに堀り下げて研究されるにしたがつて，初成花崗岩の存在から（研究を）出発することが，根拠のないことであるとともに，既知の堆積物（有機物質を除く）が古期地殻を——一見して——構成する超塩基性岩石の破壊によつて形成されることが明らかになつた。

現在観察できる塩基性・超塩基性岩石類の風化現象は，機械的，化学的過程系からなつている。この種風化によつて，初成物質の破壊と分化とが起こり，1鉱物が消失すると他の鉱物が発生し，そのうえ，風化過程は珪酸・アルミニウム，炭酸塩で（本質的に）富化された堆積物層の生成方向に進行する。しかしこの種の堆積岩類が生成されるためには，源泉としてこの種破壊産物と同様な化学的組成をもつ物体を全然必要としない。例えば Polkanov のデータによれば，湿潤な熱帯性気候の下で，塩基性岩石の風化（破壊）が行なわれる場合には，非破壊鉱物類——粘土・砂を除く——から，アルカリ珪酸塩溶液およびコロイド状シリカが発生する。そのほかに，このような風化過程では，カルシウム・マグネシウムおよび鉄の炭酸塩・重炭酸塩が形成されるとともに，硫酸ナトリウムおよび重炭酸カリウムも生成される。

超塩基性鉱物，例えば橄欖石が風化すると，苦土質・鉄質炭化物・褐鉄鉱・珪酸が求められる。

重要な塩基性鉱物の1つである斜方晶系の輝石は，橄欖石の破壊によつて求められるような産物の形態で与えられる。ウラルの超塩基性岩石の風化殻を研究した Ginzburg は，蛇紋岩が破壊されると，他の鉱物類とともに，蛋白石・玉髄・石英・緑玉髄が形成されるが，単斜晶系の輝石からは，アルミナの水酸化物——水蠻土石が生成される。

周知のように，輝石・角閃石・斜長石およびある種の他鉱物——塩基性岩石組成中に含まれている——は，最後には，花崗岩の風化の場合の様な産物が生成される。

堆積岩中では，塩基性組成の岩石類と比較して，石英類の含量が著しく増加することは，全珪酸塩の分解によつて，遊離シリカが形成され，蛋白石・玉髄およびシリカの他種変態の形態で集中することで解明される。同時に過剰の鉄・マグネシウム質化合物は運び出され，さまざまな鉄鉱石・褐鉄鉱等の形態で沈殿する。次の場合も除外できない。すなわち鉄・苦土質溶液のある部分は，地殻の深所に吸収され，橄欖岩質基質中に達することもある，さらにそのうえこのような溶液は，循環通路で太洋底の脆弱な堆積物類の化学的組成に，ある種の変化をもたらことがあるであろう。

地殻を構成する古期堆積岩の研究を進めると，そのなかにシリカ・アルミニウムを多量に含有しているにもかゝわらず，この種岩石類がシマ組成の初成地殻の破壊によつて生じたことが明らかになる。例えば Frolova のデータによれば，南東部シベリヤ産の原生代のパラ岩石類は，次のような平均組成をもつている。SiO_2 54～57％，Al_2O_3 10～11％，$FeO+Fe_2O_3$ 12～13％，MgO 5～6％，CaO 8～8.5％，アルカリ4％である。Frolova の見解によれば，シリカで著しく富化されているにもかゝわらず，岩石学的組成からみれば，塩基性の火成生成物の分解によつて生成されたものである。

Frolova は地球の原初シマ層が，原生代堆積物の生成に必要な素材を提供したという結論に達している。すなわち鉄・マグネシウム・カルシウム・珪酸塩を多量に含む塩基性岩石類は，この種堆積物の生成には，他の岩石類よりも，化学的には急速に分解するので好都合である。

風化過程について語る場合には，このような現象に固有なある種の特性を述べておくのが時宜に適している。風化過程では（堆積岩の組成にはいる），脆弱な陸源堆積物の生成にとつて，重要な要因の1つが出現し，さまざまな気候条件の下で，この要因はさまざまな強度で堆積物

の組成にはいり完成する．例えば，風化速度は，湿潤な熱帯性気候の条件の下では，著しく増大するとともに，大気中における二酸化炭素の含有量がある程度増大する場合とか，地表水の循環下においても増大する。

地質学的編年史に反映している地理・地形条件の変化履歴を解析すると，先カンブリアの風化強度が，その後の6億万年よりも，明らかに大きかつたことを示している。Obruchev は次のように述べている．古期シベリヤ台地の乾燥地帯には，強烈な風化が化学的・機械的に行なわれた跡が，明らかに認められる。このような事実は，Aldansk 地塊に関する Korzhinskii の論文にもあげられている。Porkanov によれば，バルチック楯状地帯内に発達する岩石類は，強度の風化と現世の堆積物分化にとつて好都合な膨大な乾陸が，先カンブリヤ時代にこの地域に存在していたことを物語つている．類似の地形的・地理条件は，原生代および始生代に，われわれの遊星の他の地域の特色となつていた。

周知のように，循環酸素をもつ土壌層は，その下部の岩石の風化過程を促進する．しかし始生代には，このような好都合な要因を欠失していたにもかゝわらず，風化は，特殊の外部環境によつて，相当迅速に，かつ完全に行なわれた。すなわち，この時代における大気中の二酸化炭素の含有は，現在よりもはるかに大きかつたことが考えられる根拠がある。例えば，いわゆる植物類が，5億万年間の間に，多量の二酸化炭素の吸収に成功し，膨大な石炭鉱床を形成するとともに，他方では，少なくとも多量の二酸化炭素が，炭化カルシウムの形態で，海底に沈殿したことをみれば，このこと（空気中に二酸化炭素が多量に含まれていたこと）は明らかである。さらに，当時遊星の地表面温度が，現在より高かつたことが考えられる。

Khlopin によれば，30億万年の地殻の放射源熱量は，始生代時代の5倍であつたが，20億万年になると，この熱量は，現代の2倍以上であつた。そのほかに，当時は，太陽の輻射温度は著しく高かつたので，比較的浅い海，多数の湾，入江――乾陸にかん入した――の存在が，特色となつていたその当時の地形の特性が促進された．さらに露出岩石は，強烈な太陽光線に曝されていたので，植生の繁茂と，土壌の形成とが奪われ，隣接地域の海水が二次的に加熱された。このようにして，地球の周期的加熱説――地表面の温度上昇を招来する――によらなくても，先カンブリヤ時代には，乾陸に露出していた岩石の，強烈な風化に対する充分条件が存在していたことは，容易に指摘できる。したがつて，風化帯であつた地域では，膨大な堆積物の集中が促進され，シアル層の生成の端初となつた。

次に地殻の堆積物と花崗岩との結び付きの問題に移る．既知の各堆積物の総化合成分の平均をとると，この種堆積物が花崗岩マグマの原熔融素材となつたことは，容易に考えられる。Afanasev はこの状態を強調し，熔融液の大部分が，15～20％規模――組成が花崗岩質共融混合物に近い――堆積物の熔融産物である可能性があると指摘している．しかし Pallingenesis は，花崗岩生成の唯一の方法でない。観察結果によれば，palingenesis は副次的意味をもつているにすぎない．最近の研究によると，火成源と考えられるものと異なるない変成岩系の存在することが明らかになつている。

変成要因が始原代の厚い堆積岩に，長期間にわたつて複雑な作用を及ぼすと，堆積岩が花崗岩型塊状・晶質生成物に転移する条件が発生することは確かに考えられる。

Sudovikov によると，バルチック楯状地の原始生代岩石中には，花崗岩から周辺の岩石に徐々に転移している場合が知られている．それとともに，花崗岩の内部では，relict 部分がみられ，母岩と同定される岩石類が保存されているが，その構造および賦存条件には，なんらの変化も認められない。

Sudovikov はさまざまな初成組成をもつ岩石類が逐次交代性置換 succesive metasomatic substitution を受けると，花崗状岩石・花崗岩に変成することを裏付ける観察データを提示している

北部カレリヤ地塊の塩基性岩石は，花崗岩化作用を受けて，石英・斜長石・角閃岩に転移し，次いで花崗岩組成の角閃片麻岩が生成されている．この場合には，斜長石の塩基度の減

岩石中における斜長石の含量の増大，石英の出現とその量の増大，輝石の角閃石化，角閃石の食侵 corrosion，角閃石の漸減と消滅，黒雲母の新生が観察される．Sudovikov の結論によると，上述の花崗岩組成の生成過程は，Na, K, Si が導入され，Fe, Mg, Ca が運び出された結果によるものである。

Korzhinskii の見解によると，現在の花崗岩は，常に熔融液から求められる。Korzhinskii は，同時に一定の条件の下では，花崗岩化作用が直接周相状態の1元素の他の元素によつて交代性置換されて起ることを考えている。この種の現象が，岩石の全体にわたつて起るとシリカ，アルミニウム，鉄および比較的非移動性成分の比は，花崗岩のそれに近づく。Korzhinskii は花崗岩化過程は，基体 (substrata) から浸出する浸透溶融の作用によつても起ると考えている．この場合，溶液温度が相当高ければ，接触帯には交代作用ときわめて類似するマグマ置換現象を生ずる熔融が起る．Korzhinskii は wall rock の花崗岩化作用で発生する浸透溶液流は運動と冷却とさらに進行すると，浸入岩脈の変成が起ると推定している．マグマ成因の花崗岩化作用と交代作用の下では，カリウムおよびナトリウムは，規則通りに可動性に振舞う。したかつて，この種過程で生成される岩石の鉱物学的組成は，この種元素――与えられた過程の物質系で成立する――の化学的ポテンシヤルで決定される。

上述の事実と考え方とによれば，先カンブリヤ紀花崗岩の大部分は，その成因が二次的変成作用によるものであつて，交代作用か，またはマグマ性置換によつて生成されたことが考えられる．新期の花崗岩の大部分は一貫入性質については疑問がないようである――一層古期花崗岩および堆積岩の再熔融産物とみなすことができる。

この種の観点はなんら新しいものでない。この種の観点の異説は，Sederhlom, Read, Bakrund その他の外国の学者間で述べられている。

Kuznetuo が指摘しているように，transformist の見解の差は花崗岩化作用による物質移動過程の解明が細い点が違つていることである．ある学者は流動状態か気体状かの花崗岩化溶液の浸透によるものと考えているが，他の学者は，固体媒質中におけるイオンの拡散をあげ，さらに他の学者は，流体状態の非可動性媒質内におけるイオンの拡散を主張している．しかし程度の差はあるが，交代作用では，最近ソ連の地質学者の間では，変成作用仮説，シアル層の再熔融に関する観念は，多くの賛成者を得ている．各地質学者は，花崗岩の成因の特有な仮説を述べている。例えば，Afanasev, Korzhinskii, Kropotkin, Sudovikov 等を除けば，花崗マグマがシアル層の周期的再熔融によつて生成され，そのうえこの現象には深部エマネエションの導入を伴なうと考えている Nikolaev の仮説をあげておく。

堆積岩の変成現象に大きな意義を与えている Pustovalov は，再熔融性変化が起るので，堆積岩が火成岩と区別できない状態となり，臨界階梯 ultra metamorphism では再熔融が発生し，二次マグマが生成されることを指摘している。

こゝではソ連地質学者の観点をことごとくあげて細部について検討できないが，交代作用，再熔融仮説を一緒に組合して適用すると，火成論者の手で解決をみていない一連の複雑な問題が明らかにされる。とくに巨大な底盤体に対しては，空間問題が容易に解けるであろう。しかしさまざまなシアル層における新熔融源の周期的発生は，迸入岩の多様性を理解する鍵となるであろう。

あらゆる可能性を考えに入れて，花崗岩問題に関連する理論的仮説を求める場合には，重要な法則性，すなわち花崗岩が隆起地帯にのみ知られているという法則性を考慮に入れるべきである．花崗岩体は，大陸の基底を構成し，背斜褶曲構造の中心核に出現する．現在の大陸の分布範囲でも，向斜構造の貫入岩体は，花崗岩状組成を示すことはほとんどない．しかし一般にみられるように，塩基性または超塩基性組成をもつている．このような組織的に得られた事実は，隆起帯にのみ花崗岩化作用にとつて好都合な条件がつくられることを立証しているようである。

上述の諸データおよび仮説によれば，地球の発達の一定段階で発生するシアル層が，花崗岩

状岩石の生成(発生)の必要な基礎となることが推定される。しからばなにがゆえに他の遊星では同一方法によつて花崗岩が生成されなかつたか？

シアルの形成を誘導する類似の物理・化学的条件は，その型が地球に近い天体にも発生するであろう，例えば，シアル層の形成は，その組成が地球と類似している大気――地形の開析，造構造運動による周期的回春――で促進される。しかし太陽系では，地球を除けば類似の条件は，火星と金星にだけ存在していることが推定される。もちろん完全に同一条件ではない。例えば火星では，現在のところ開析地形を欠いているようである。したがつて火星では，顕著な造構造運動が天体の所与の発達段階で起つていない。したがつて，金星の大気中には，水蒸気および多量の炭酸が存在するにもかゝわらず，その表面上に露出しているきわめて薄い岩石層で覆われているにすぎない。火星の化学的過程は，低温度が支配しているので，きわめて緩慢に行なわれているはずである。したがつて一般的な特徴が地球を想起させるような遊星であつても，巨大なシアル層の堆積，およびさらに花崗岩の生成にとつて好ましい条件が発生できない。

しかしある天体の一定の発達段階で，シアル層がその表面上に形成されたと仮定し，例えば地球上におけるシアル層の(形成)運命と，花崗岩状岩石の発生とが，どのようにして起つたかを考えてみよう。まずこの目的で，海盆地域の特性をみてみよう。

地球物理学的データによると，深海底のシアル層の厚さは 10 km の範囲であるが，陸地では平均 30～50 km である。多くの研究者は，地球の造構造発達は，陸地の占める面積が拡大する方向，したがつてシアル層の増大方向に進行する。しかしこのような主張と矛盾する 2, 3 の状態を解析することが必要である。

最近の地質時代に陸地が存在していた深海地域では，陸地に特徴的なシアルの厚さをもつことは，当然考えられるはずである。しかし既知のデータは，この論理的仮定と一致しないようである。ベーリング海の深海部分では，重力データによれば，シアル層の厚さは，海洋に普通の厚さである。しかし Zhuze のデータによれば，この海の東部海溝の 3,638 m の深所から採取したコアーサンプルでは，第四紀の淡水底棲珪藻を挟む 1 枚の薄層が認められている。この事実は，この地域の海底が最近の地質時代に頗海地帯か，少なくとも大陸棚地帯であつたことを示している。もちろん底棲型動物の遺骸が乾陸から泥流によつて運ばれてきたと考えられるであろう。しかしこの種遺骸が一定の地層層位にのみ認められるから，このような考え方の信頼度は低い。

日本海においても，地球物理的観点からみれば，海洋地域に共通の地殻の厚さをもつている。それとともに，Lindberg のデータによれば，現在の第四紀の時代には，日本海の位置に陸地が存在し，古スイフン河と古アムール川が流れていたことが考えられる。

Belousov のデータによると，現在のインド洋および大西洋の多くの地域は，以前陸地であつた。アペニン半島から西方の地中海の西部には，白亜紀および古第三紀には，広い海底陸地が存在し，第三紀の終りから第四紀の始期に沈下した。

Arkhangelsk および Strakhov のデータによれば，黒海地域には，依然隆起地塊と浅水地帯が存在していた。

上述の海域――そのなかには黒海が含まれる――では，重力データによれば，普通の海洋に近い地殻の厚さをもつている。ある研究家はこの現象を，この地帯があまり遠くない大陸の乾陸地域の頗海地帯にあたり，初期海洋の残存地域であつたことで説明できると考えている。しかしこの場合，この地域には脆弱な堆積物からなるきわめて厚いシアル層が堆積しているはずである。例えばこの地中海の海盆地帯に接する地域の地質学的履歴の研究によると，古生代から始まつて，海底隆起地塊と活火山がこの海域からあまり遠くない地域に存在し，中生代から始まつて，すでに巨大な山岳隆起と Plate-forme 地域とが形成されている。したがつて少なくとも，古生代の終期から 2 億万年の間に，この 2 海域では堆積物質に不足したわけではずである。すなわち，陸源・火山源・有機化学的生成物が堆積したことが考えられる。いま 1 年間の堆積速

度を 0.1 mm にとれば，2億万年間には 20 km の厚さの堆積物が沈積するはずである．堆積物の沈積を補償するためには，地殻のこの地域の定沈降運動が必要とされることは明らかである．すなわち 20 km の堆積層は，地球物理学的観測を対応的に反映しているはずである．しかしこの事実は存在しない．

アラビヤ半島とアフリカ大陸の間海地帯を分つている紅海のデータは，一層多くのことを示している。古期 Plate-forme の地溝——白亜紀の晩期に形成された——地域に位置するこの海域の海底には，シアル層の厚さ——隣接 Plate-forme 地帯のシアル層の厚さに等しい——をもつていなければならないことは，争う余地がないであろう。しかしこの地域では，シアル層の厚さが著しく薄化していることが指摘されている。すなわち重力測定数値は，普通の海洋地域のそれに近い。したがつて地球物理学的データが信頼されるものと考えるならば，紅海・地中海・黒海・日本海およびベーリング海等に，以前確か存在していたシアル層の消滅事実を解明することが必要である。

Belousov は次のような仮説を述べている。このような地域では，シアル層がその下部に存在する超塩基性マグマ中に溶解したものである。しかしこのような解釈は，超塩基性基体が固体であつて，液状マグマの巨大な溜りが存在しないと主張する地球物理学者から反対が起つている．物理化学的立場からみても，沈降シアル層の単純な溶解が不可能であることは明らかである。

Bemmelen[1]は，シアル層の各部分が玄武岩質・超塩基性マグマの大量定着によつて塩基化を蒙り，そのために周辺酸性岩石類の同時的“transformation”を伴なう巨大な貫入体の生成が誘導されると考えている。Bemmelen の見解によると，その結果として，このような地殻の負荷地域は，沈降を開始し，海洋化（oceanization, Bemmelen の術語による）を蒙る。しかしこのような解釈では，地球物理学的観測データで確認されているシアル層の異なる帯（zone）間の平滑な界面（ほとんど水平に近い）の存在を解明できないであろう。地殻の内物質組成の再編成が貫入の結果だけから起るものとするならば，地殻の輪郭は，とくに塩基化層の上部界面の輪郭は，平滑な容貌とならないであろう。

研究者が現象——海洋化を伴なう——の解釈を試みる場合に突き当る困難さは，Korzhinskii が隆起地帯——花崗岩化作用が行なわれる——に対して指摘している交代作用過程を認めるならば，ある程度まで除かれるであろう。

沈下シアル層の下部再熔融観念（橄欖岩質マグマの熔融），またはその塑性絞り出し貫入観念に基づく仮説を採否することが必要なのは，塩基化作用を蒙つた地帯が，比較的高くない温度と圧力条件下に存在し，固体状態に留まつているからである．シアル殻の平均層厚は，海洋地域で 10 km——そのうち半分以上は下部の玄武岩質帯にあたつている——であるから，活性交代作用過程は，近似的計算によれば温度が 500～800°，圧力が 4,000～6,000 気圧オーダとなるはずの深度で始まることは明らかである。シアル殻の下部は，橄欖岩質基体から供給される鉄・苦土質溶液の作用を蒙ることが考えられる根拠がある．花崗状岩石の塩基性化は瞬間的でなく，一定の sequence で完成されることが考えられる。すなわち初期交代過程では優黒質融合岩石塊に完全転移するまで，有色鉱物量の含量増加が起る．次階梯では交代作用が進行して，黒雲母化作用と角閃石化作用が誘起される．最終期階梯では，塩基性（岩石学的）組成の岩石が，転移によつて形成される。

Korzhinskii が個人的会合の席上で指摘したように，基体が供給される珪酸塩が不飽和状態の変成マグマ性苦土質溶液は，沈降岩石の石英と反応し，斜方輝石で置換されるが，初期交代階梯のアルカリ長石は黒雲母・霞石および塩基性斜長石でおそらく置換されるであろう．どのようなシアル質岩石（花崗岩・長石・石英質長石・粘土または石灰岩）が沈降に巻きこまれるかに

[1] Bemmelen, R. W. : Van Stromingsstelsels in die silicaatmontel, Geol. en mijnbouw. Jaarg. 20, No. 1, 1958

よつて，さまざまな変成産物が交代性置換の結果として形成される．交代性塩基化作用の初期生成物は，全体としてみれば，その組成が斑糲岩に近いので，地球物理学者が，この層を“玄武岩質”と名づけている岩層が形成される．こゝに上部の花崗岩・堆積物殻への緩転移を伴なうこのような岩層が，全地球上の至る所にみられる所以である。

この種“玄武岩質”帯は上方に向かうにしたがつて，比較的低温・低圧になるので，いわば（塩基性岩石群に常に属する）比較的雑多な鉱物組成からなる岩石類からなつている．深度 10 km の地帯では，一層不変の物理・化学的状態を示すから，交代作用過程はこの地帯ではあたかも安定状態で進行するのと大体同一状態で行なわれる。すなわち Korzhinskii のデータによれば，この地帯では交代置換現象は緩慢に起らないで，瞬時的に1帯から他帯へと継起的に伝播し，顕著な置換フロントが進行する．そのために玄武岩層とその基底（交代作用の最終階梯産物として橄欖岩にすでに転化した）との界面は，顕著となるはずである。このような現象はモホロヴイッチ層面でシアル殻と超塩基性基体が明確に分たれているので，現実に観察される。

シアル塊の沈降がさらに進行するにしたがつて，ますます新下部層部分は橄欖岩質岩石類に転移して基底生成物に接合し，モホロヴイッチ層はあたかも一層高“層序”順位に飛び上つたような状態を示し，同時にほゞ同一の絶体深度に分布する．標式的に現われる地殻の沈降地帯は，下部構造線——モホロヴイッチ面の水準に対応する——の沈降によつて“シアルからシマ”へ転移する．すなわち上部シアル殻が分離し，橄欖石質基体の構成員となる．

要約すれば，塩基性化作用過程自体は，Korzhinskii の言によれば，基体の塩基性組成からなる場合には既知の物理・化学的法則に照してみると，花崗岩化作用よりも，一層簡単に，かつ自然に現象を表現する。

地史ならびに地体構造の考え方の多くの結論によれば，地殻を構成する物質の凝縮は，放射性熱の放散による地殻の冷却とともに，惑星の収縮と地殻の個々の巨ブロックの沈降を招来する。この過程に伴なうシアル層の変形は，結果としてこの層（それとともに花崗岩）の完全消滅を誘導する．こゝに現在地球が経験していると同一発達階梯をすでに経過した他の惑星では，シアル殻もまた花崗岩状岩石も全然存在しない理由がある。精確にいえば，このような惑星には，容積からみればとるにたらないシアル殻の残存物のみが保存されている。ばらばらになつた惑星——その破片はガラスとして地球上に落下する——は，自己の進化最終階梯で catastrophe を蒙つたことは明らかである．この種惑星の特異な共通の組成は，超塩基性岩石のそれに近いことが確認されている。

花崗岩の問題と関連する問題の複雑さは，きわめて大きい。この問題をことごとくとりあげられないから，上述の諸事実と考察とに照らして求められる結論のみを要約しよう。

花崗岩はわれわれ惑星の構造の特性的要素の1つであつて，地表帯に固有な特定の物理・化学的条件の下で行なわれる地質学的発展の一定の段階に発生する。

先カンブリア時代には，地球の初期シマ殻の風化は，きわめて強烈に行なわれ，そのうえ著しい造構造活動は，多数の隆起・沈降地帯を招来し，膨大な厚さの変形・淘汰分級沈積物質の堆積を促進した．シアル殻は至る所に形成されたが，それは不均等にわれわれの惑星上を覆つていた。

初期シマ殻の化学的・物理的風化・侵食は，地球の履歴の初期階梯，原生代以前に起り，その階梯では多量の鉄・黄土質化合物の解離を招来し，次で鉄・黄土質物質は溶液から沈殿した。そのために先カンブリヤ紀の堆積物中には，多くの鉄鉱床が形成された。

Obruchev はこの事実に注目して，原生代およびアルゴキアン時代には，鉄鉱の堆積にとつて好ましい条件が存在していたことを指摘している。Strakhov は次の事実を確信をもつて述べている．すなわち鉄鉱床の大多数は，地球の発達のきわめて古い時代，先カンブリヤ紀に堆積して生成され，その後の時代では，堆積源の鉄鉱床の数は著しく減少する．このことは，惑星の表面がシアル物質で覆われ，鉄に富むシマ質物質の新しい受入が著しく減少したことから明らかである。類似の現象は，マグネシウム化合物に対しても認められる。

先カンブリヤ時代には，塩基性岩石類が破壊されたために，海水中には多量の溶存マグネシウムが濃集し，そのために膨大な厚さの白雲石の堆積が始まつた。その後の時代では，マグネシウム溶液の受入は減少し，白雲石の堆積・生成は段々と少なくなり，(古生代)・中生代・古第三紀には全く停止するに至つた。

主として隆起地域のシアル殻の堆積期には，地殻のこの地帯に特有の物理・化学的状態によつて条件づけられる交代作用現象が発生した。その結果として，複雑な変成作用が出現し，花崗岩化作用が完成した。

本論文で前提におかれた概念ではシアル層の，形成に，堆積分化過程と化学的風化とに優位をおいているが，地殻の厚化と下部からの物質の供給とに関する仮説は，いかなる意味においても，疎外されていないことに留意すべきである。このことは，いわゆる“山の根”すなわち巨隆起地域のシアル層の著しい厚化現象の存在を物語つている。この厚化地帯の下部には，交代・変形の結果として，隆起帯下に分布する地帯の橄欖岩基体が上昇・出現している。しかし沈降帯では，交代・変形は異なる特性を示し，シアル層は初めは塩基性 玄武岩層 岩石，次で超塩基性岩石に変成し，橄欖岩質基体の member を構成している。

地殻の総質量中における花崗岩の占める容積が僅かであること(約1％)と，沈降条件下におけるシアル層の消滅とは，マグマの分化産物として形成されないことを示している(マグマの分化産物であるならば，地球の総容積におけるシアル層の割合は大きくなるはずである)。むしろ反対に，地球の発達の一定階梯で発生したシアル層は，消滅するよりも新酸性岩石類によつて緩除に補充されている。この原因は，惑星を構成する物質の厚化(濃集)現象であつて，この厚化は地表に巨大な地塊の沈降と，沈降凹地との形成を招来する。このように地球の初期地質時代には，強烈な造構運動を蒙り，その後——原生代にほゞ始まる——には，若干異質的な発達様式が確立され始めた。この時代には，最初の Plate-forme 地帯が出現し，いくぶん安定状態をなして分布する陸地と海洋とが発生した。さらに新に造構運動の活発(前期に較べて大きくない)な地帯が生成され，引き続いて，われわれ惑星を構成する物質の厚化が進むにしたがつて，シアル層の巨地域の沈降を誘導する条件がしばしば発生した。

上述の諸仮説は，多くの学者の見解，とくに Belousov の見解，現代の海洋が比較的新しい時代に生成されたという仮説と一致する。

この考え方を展開して行けば，例え条件的であつても，地球の外殻のその後の発達方向を考えることができるであろう。惑星の収縮過程がさらに継続してゆくものと仮定するならば，巨隆地地殻の沈降現象は，いままでのところ停止していないと論理的に推定できるであろう。その結果として，大陸下の地域は収縮し，シアル層はシマ層に転生する。そのために，惑星を構成する物質の単一平均組成(なんらかの型で)が確立されるはずである。すなわちその組成は与えられた物理・化学的条件下で最も安定した鉱物化合物に対応しているはずであつて，むしろ超塩基性組成に近いであろう。このようにしてシアル層，とくに花崗岩は地球の発達の特定の具体的な階梯を現わしている。シアル層も花崗岩も，地球の進化過程で出現・消滅する。われわれの惑星に固有なシアル層と花崗状岩石とは，宇宙においてはきわめて稀有の現象であるはずである。このことはこんにちに至るまで，酸性組成の隕石が発見されていないことで明らかである。

貫入岩体および溢流岩体の形態で地殻上に定着しているマグマ活動の出現を，どのように解釈すべきであるか。シアル層および シマ基体は，一見して固体状加熱物質——高圧下に存在する——からなつている。各地域にはさまざまな深度で，液状マグマの局在溜りが発生する。類似の溜りの出現は，局所放射性加熱の強化によるか，または地下深部に発生した造構造応力の放出による圧力低下によつて，均衡の一時的乱れを誘起するであろう。

新に形成されたマグマの溜りの深度に左右されて，溜りが橄欖岩質基体中に発生すれば超塩基性マグマ，それが玄武岩層中に分布しているならば玄武岩層，シアル殻の一層上位の地帯に存在するならば花崗状岩石がそれぞれ形成される。

塩基性岩石が噴出活動過程で，酸性岩石に変わつているのが観察される場合には，深所溜り(マグマ)が徐々に冷却し，同時に一層高次階梯における減少圧がシアル層の熔融を促進したことを示すものである。

花崗岩質共融混合物の相対的可熔性を考慮に入れるならば，酸性噴出物が多数みられることも，褶曲地帯の上部（地並）水準に花崗岩状岩石の存在することも，容易に解釈できるであろう。

このようにして，超塩基性岩石は橄欖石基体に発生する初成マグマの産物であるならば，塩基性火成岩石，とくに酸性火成岩は，地殻の変成岩または堆積岩が熔融して発生した再生マグマの産物である。

上述の考え方および結論のある点については，地球物理学・岩石学・地球化学の見地から証明できないように思われる。そのほかに，新しいデータが蓄積され，既存データの異なる解釈がでてくれば，上述の仮説(地球物理学・岩石学・地球化学)は修正されるに至るであろう。しかしそれはともかく，地球の上方殻の構造と組成との現在知られている特性は，既存のデータを充分に普辺化しうる新仮説の研究を必要としている。

訂　正

月報10巻1号 p. 39, 岩手県北東部地域自動車放射能探査報告中の第2図・第3図が左右入れ変わつておりますので訂正致します。

地質調査所月報　第10巻 第5号　目　次

報　　文

荒川水系流域(埼玉県および一部東京都)工業用水源地域調査報告
——関東西部地域調査　第9報——
静岡県安倍川水系表流水質調査報告
——東海地域調査　第11報——
金沢市工業用地下水小規模地域調査報告
和歌山市工業用水源小規模地域調査報告
山形県白兎鉱山物理探鉱調査報告
山形県大泉鉱山物理探鉱調査報告

資　　料

"Vityaz" 探険船の研究成果による日本海海底の構造について

地質調査所への連絡は

本　　所	神奈川県川崎市久本町（溝の口）135番地　電話 (70) 1146～1148番 (72) 4291～4293番
東京分室	東京都新宿区河田町8番地　電話 (34) 7131～8番
北海道支所	北海道札幌市南1条西18丁目　電話（3）5574番
仙台駐在員事務所	仙台市柳町通り28番地（仙台通産局内）電話（3）2306番
名古屋駐在員事務所	名古屋市東区長塀町（名古屋通産局内）電話（4）6416番
大阪駐在員事務所	大阪市東区杉山町1番地　電話 (94) 3052番
広島駐在員事務所	広島市基町1番地（広島通産局内）電話（2）1945番
四国駐在員事務所	高松市鍛冶屋町4の16（竹内ビル内）電話 高松 5681番
福岡駐在員事務所	福岡市北浜町2丁目19番地（通産省福岡合同庁舎内）電話（2）6743番

昭和34年4月25日　印　刷
昭和34年4月30日　発　行

著作権所有　工業技術院地質調査所

印刷者　向　喜久雄
東京都品川区上大崎3の300
印刷所　一ツ橋印刷株式会社
東京都品川区上大崎3の300

U. D. C. 55 (05)

BULLETIN OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Katsu Kaneko, Director

Vol. 10 APRIL 1959 No. 4

CONTENTS

T. Tanai & T. Onoe: A Miocene Flora from the Northern Part of the Jōban Coal Field, Japan 1 (261)
Y. Yabe: Some Cretaceous Pelecypods from Afghanistan 27 (287)
K. Mori, S. Furuya & K. Inami: On the Multi-channel Oscilloscope of Seismic Recordings 37 (297)
K. Shibatō: Studies of the Spontaneous-Polarization Method at the Hosokura Mine, Miyagi Prefecture 47 (307)
T. Matsuda & Y. Suda: On the Comparison of Analysis Methods in Gravitational Prospecting 57 (317)
H. Nakamura & K. Maeda: Geology and Thermal Water of Owani and Ikarigaseki Hotspring Areas, Aomori Prefecture 63 (323)

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Hisamoto-chō, Kawasaki-shi, Japan

地 質 調 月
Bull. Geol. Surv. J.
Vol. 10, No. 4, 1959